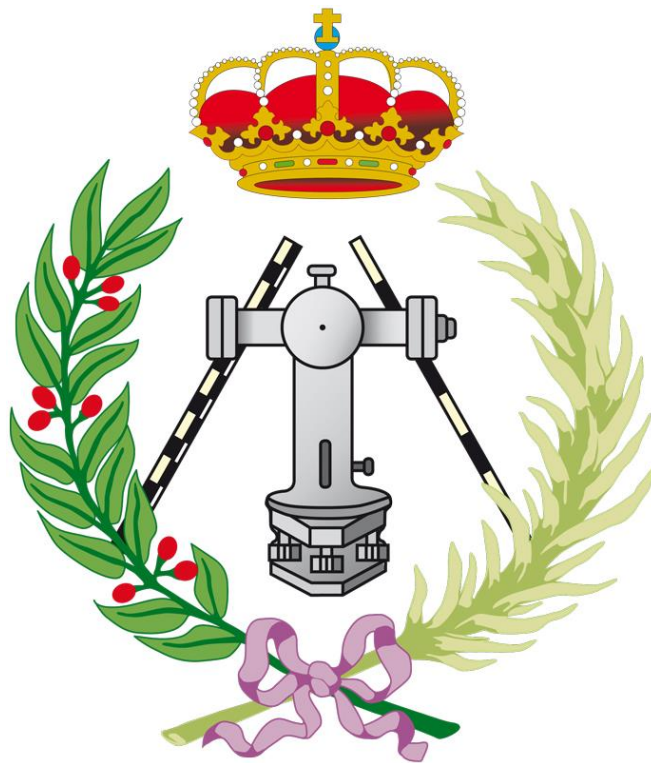


UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS EN TOPOGRAFÍA,
GEODESIA Y CARTOGRAFÍA
TITULACIÓN DE INGENIERO TÉCNICO EN TOPOGRAFÍA

PROYECTO FIN DE CARRERA



**Comparativa con técnicas GNSS y Mobile Mapping de un
inventario de elementos físicos y geométricos**

Madrid, (Octubre, 2014)

Alumnos: Francisco Joaquín Mateo
Carlos Lozano del Pozo

Tutor: José María Fábrega Golpe
Cotutores: José Luis García Pallero
Óscar García Uriarte

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS EN TOPOGRAFÍA,
GEODESIA Y CARTOGRAFÍA
TITULACIÓN DE INGENIERO TÉCNICO EN TOPOGRAFÍA

PROYECTO FIN DE CARRERA

**Comparativa con técnicas GNNS y Mobile Mapping de un
inventario de elementos físicos y geométricos**



Madrid, (Octubre, 2014)

Alumnos: Francisco Joaquín Mateo
Carlos Lozano del Pozo

Tutor: José María Fábrega Golpe
Cotutores: José Luis García Pallero
Óscar García Uriarte

Agradecimientos

Queremos agradecer este proyecto a nuestro tutor José María Fábrega Golpe y a nuestro cotutor José Luis García Pallero por la ayuda prestada en el proyecto.

A Topcon España y en especial a nuestro cotutor Óscar García Uriarte por haber hecho realidad el poder realizar este proyecto.

A nuestras familias por el apoyo dado durante todos estos años.

A nuestros amigos y amigas por habernos aguantado durante toda la carrera.

A todos, gracias.

Resumen

El proyecto trata de realizar una comparativa de dos metodologías mediante la realización de un inventario, una metodología clásica como es la metodología GNSS y la metodología Mobile Mapping.

El inventario se realiza en tres escenarios distintos, un escenario es una zona verde, una zona urbana y una zona interurbana. La zona verde es el Parque Central de Tres Cantos, la zona urbano es una zona de viviendas unifamiliares de Tres Cantos y la zona interurbana es tramo de la carretera M-618 que une los municipios de Colmenar Viejo y Hoyo de manzanares.

Para la metodología GNSS se ha utilizado un receptor GRS-1 y para la metodología Mobile Mapping se ha utilizado el sistema IP-S2 Compact+. Con la realización de este inventario se pretende poder comparar los posibles casos que hay en tres escenarios distintos, estudiando los tiempos que se tarda en realizar un inventario con cada metodología, así como los costes que suponen. Los datos obtenidos por cada equipo se exportan en fichero Shapfile para poder abrirlos en ArcGIS y así poder realizar la comparativa.

Para finalizar el proyecto y con los conocimientos adquiridos en esta materia se obtienen una conclusiones referidas al trabajo realizado con cada equipo.

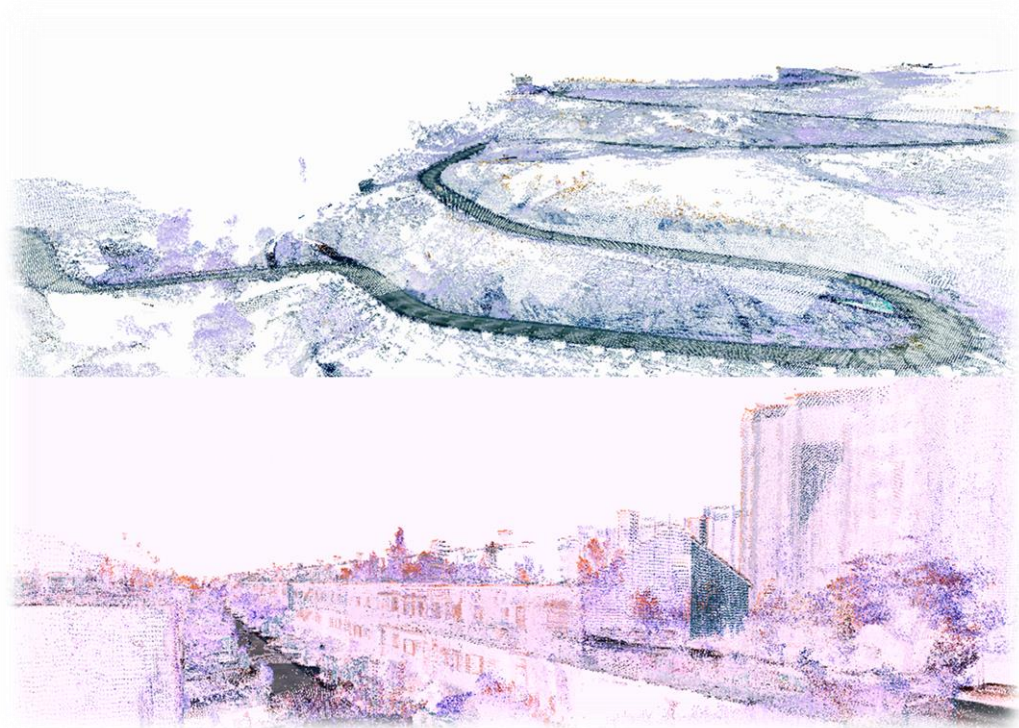


Índice

1. Introducción	4
1.1 Objetivo	5
1.2 Localización	6
2. Modelo de datos	12
3. Material	18
3.1 Introducción a la tecnología	18
3.2 Instrumental	24
3.3 Configuración	28
3.4 Características técnicas de los instrumentos ..	29
4. Planificación.....	32
4.1 Primera fase	32
4.2 Segunda fase	33



5. Trabajo de campo	35
5.1 IP-S2	35
5.2 GRS-1	38
6. Trabajo de gabinete	47
6.1 IP-S2	47
6.2 GRS-1	56
7. Presupuesto	68
7.1 Trabajo de campo	68
7.2 Trabajo de gabinete	68
7.3 Otros gastos.....	69
7.4 Resumen.....	69
8. Resultados y discusión	71
9. Conclusiones	80
10. Bibliografía	84



1. Introducción



1. Introducción

La idea de este Proyecto es poder realizar una comparativa de las tecnologías Mobile Mapping y GNSS mediante la realización de un inventario de los activos que hay en unas determinadas zonas del municipio de Tres Cantos y Colmenar Viejo. Para poder realizar la comparativa se registrarán los elementos que componen una zona urbana (señales, alcantarillas, farolas,...), un parque (árboles, fuentes, bancos,...) y una carretera con la tecnología Mobile Mapping y con GNSS. Con los datos obtenidos se realizará una comparativa entre las diferentes metodologías. Una vez realizada la comparativa se crea una base de datos con los activos registrados, así como un mapa con su representación. En primer lugar teníamos pensado desarrollar un inventario del Anillo Verde Ciclista de Madrid para lo cual buscamos información para realizar el inventario.

Este Proyecto ha podido llevarse a cabo gracias a la oferta que nos ofrece Topcon cediendo el material disponible para poder realizar el proyecto. Una motivación extra es la que supone trabajar con nuevas tecnologías como el IP-S2 Compact+.



1.1 Objetivo

El objetivo principal del Proyecto es realizar la comparativa de dos metodologías de trabajo mediante un inventario de tres zonas de la población Tres Cantos y Colmenar Viejo. Estas metodologías se realizan con Mobile Mapping IP-S2 y con un dispositivo de mano GRS-1, ambos de la casa Topcon.

El inventario constará del registro de todos los elementos físicos, geométricos y de equipamiento que conforman las vías donde se realiza el inventario, a saber, un tramo de un km de la carretera de une los municipios de Colmenar Viejo y Hoyo de Manzanares, un tramo urbano de aproximadamente un km de Tres Cantos y un parque de Tres Cantos.

Con la realización del inventario se pretende poder calcular y comparar los tiempos que se usan para realizar el trabajo, tanto en campo como en gabinete, así como los costos a asumir con cada tipo de material.

1.2 Localización

La primera de las zonas donde transcurre la medición de este Proyecto es en Tres Cantos. Tres Cantos fue una de las primeras ACTUR (Actuación Urbanística Urgente) prevista para la descongestión de Madrid en 1970. Ya en 1976 se crea Tres Cantos S.A, empresa pública que comienza la construcción de la nueva ciudad, la más joven de la región y de las pocas en haber sido proyectadas sobre papel. Era un barrio de Colmenar Viejo, del cual se independizó en 1991. Se llama Tres Cantos por el nombre de un vértice geodésico próximo a los terrenos donde se creó. Situada en el sur de Colmenar viejo, contaba con un acuífero que permitía el abastecimiento de agua (de ahí la Torre que se encuentra en el Parque Central). [1, 3 y 4]

La zona de medición urbana transcurre en una zona del Parque Central y en las calles de Caracas, Brasilia, Ciudad de México, Ciudad de Colombia, Bodonal y Calle de Buenos Aires (**Fig. 1.1**).

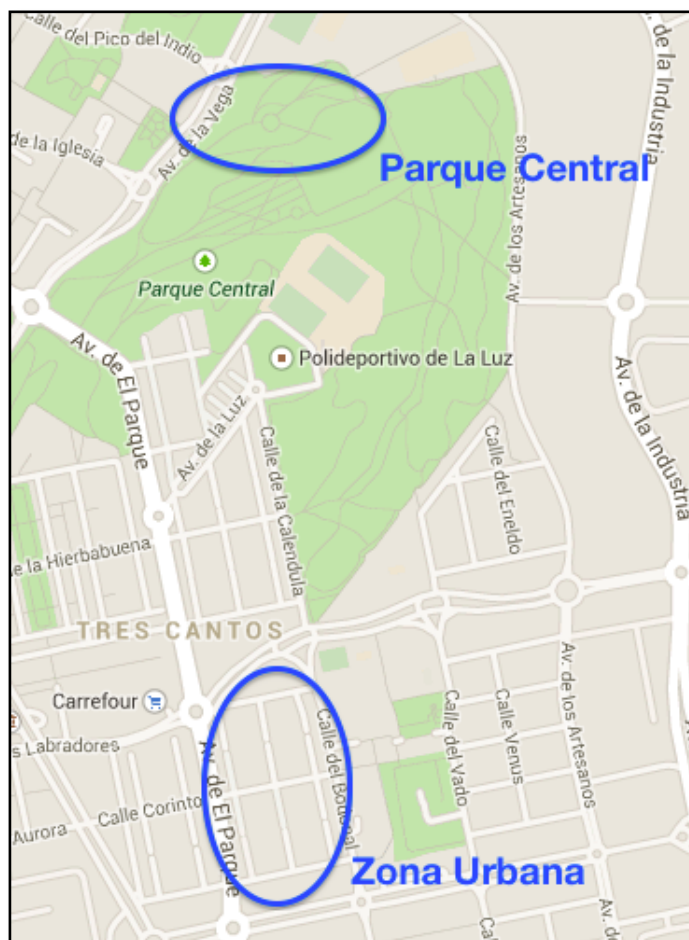


Fig. 1.1. Localización

El Parque Central de Tres cantos (*Fig. 1.2*), principal pulmón verde de Tres Cantos; tiene las siguientes características:

- Una extensión de 45 Ha.
- Cuenta con un gran lago artificial, donde habitan distintas especies de peces y donde se realizan los tradicionales fuegos artificiales de las fiestas de San Juan.
- Uno de los principales atractivos es el Jardín Temático, donde se ubican 12 jardines de diferentes tipologías: rosaledas, palmeras, herbáceas, trepadoras, bambú, coníferas, aromáticas, etc.
- También se encuentra en este gran parque la Plaza de la familia, lugar donde se realizan los diferentes eventos municipales (Fiestas de la Familia, mercadillo medieval). En las cercanías de esta plaza está ubicada un área de juegos para mayores, un área infantil y las instalaciones de la petanca.
- El Parque de Tres Cantos también es muy característico por el gran arbolado con el que cuenta. A pesar de ser un municipio joven (no tiene más de 30 años de la historia) ya cuenta con árboles de gran porte y belleza. Las especies que destacan son los chopos, los plátanos de sombra, las acacias, los pinos...



Fig. 1.2. Zona Parque Central

Una parte del inventario discurre entre las calles Bodonal, Brasilia, Caracas, Ciudad de México, Ciudad de Colombia y Buenos Aires (*Fig. 1.3*). Es una zona residencial situada en el centro de Tres Cantos, a 300 m del Ayuntamiento y 200 m al norte con el pulmón de Tres Cantos, el Parque Central. Compuesta por casas unifamiliares adosadas y zonas privadas comunitarias con jardines, piscinas y pistas de tenis. Las calles de Buenos Aires y Ciudad de Colombia no tienen, salida con muy poca afluencia de coches, gracias a lo cual se pudo transitar con el coche sin ningún tipo de problema y a una velocidad adecuada.

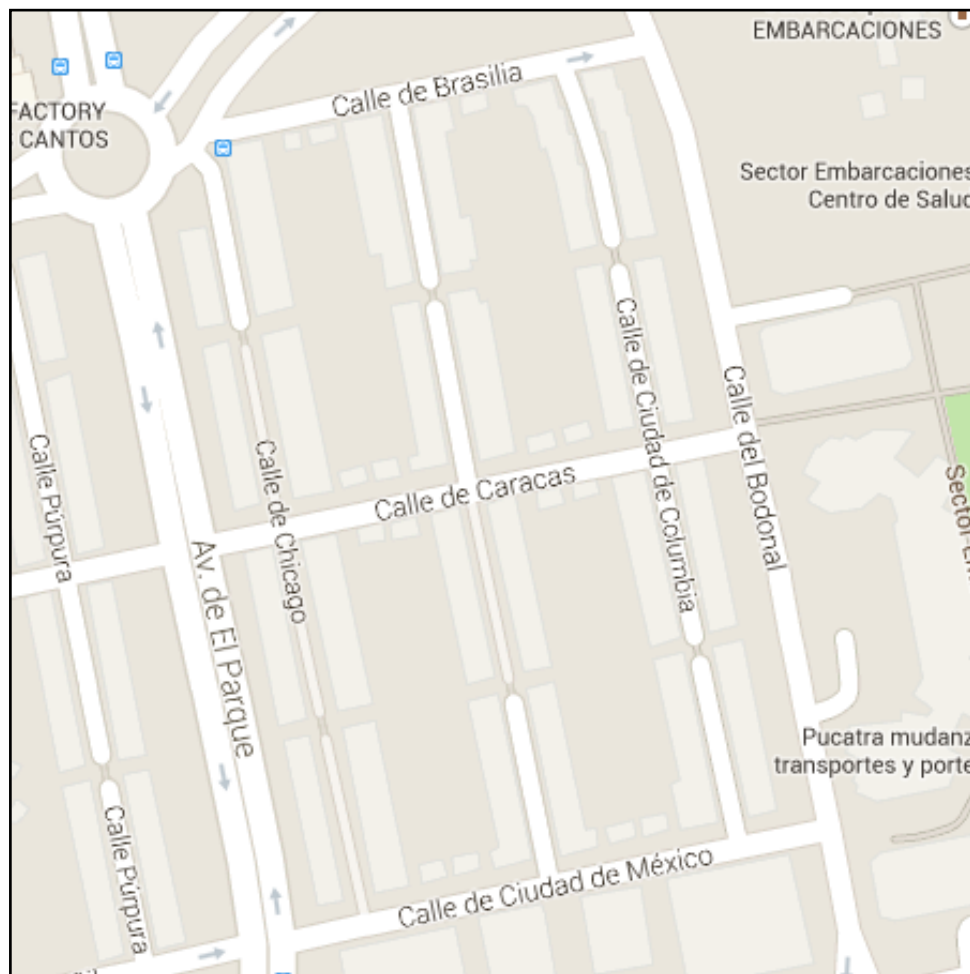


Fig. 1.3. Zona Urbana Tres Cantos

El tramo interurbano se encuentra en el término municipal de Colmenar Viejo, concretamente la carretera M-618 que une los municipios de Torreldones y Colmenar Viejo (*Fig. 1.4*). Calzada asfaltada, originalmente constaba de un solo carril y se ampliaron a dos carriles añadiendo bandas laterales de hormigón que en principio se podrían confundir con arcenes, pero no lo son al estar unidas a la calzada con unas juntas de brea, y teniendo en algunas zonas un resalto lateral.

No hay existencia de biondas laterales, en su lugar existen quitamiedos cónicos de piedra maciza (mimetizándose muy bien con el entorno, no perjudicando el impacto medioambiental pero poco seguros) y bloques macizos de piedra y hormigón.

Normalmente, en hora punta suele haber gran afluencia de tráfico, por eso elegimos una hora próxima al mediodía (13.30) en que no circularasen muchos vehículos, también elegimos este tramo de carretera a parte de por su belleza paisajística, sobre todo en las proximidades al puente de Grajal, por los límites de velocidad establecidos para el tramo de estudio, un tramo de velocidad recomendado entre 30 y 50 km/h, velocidad óptima para la captura de datos con el IP-S2.

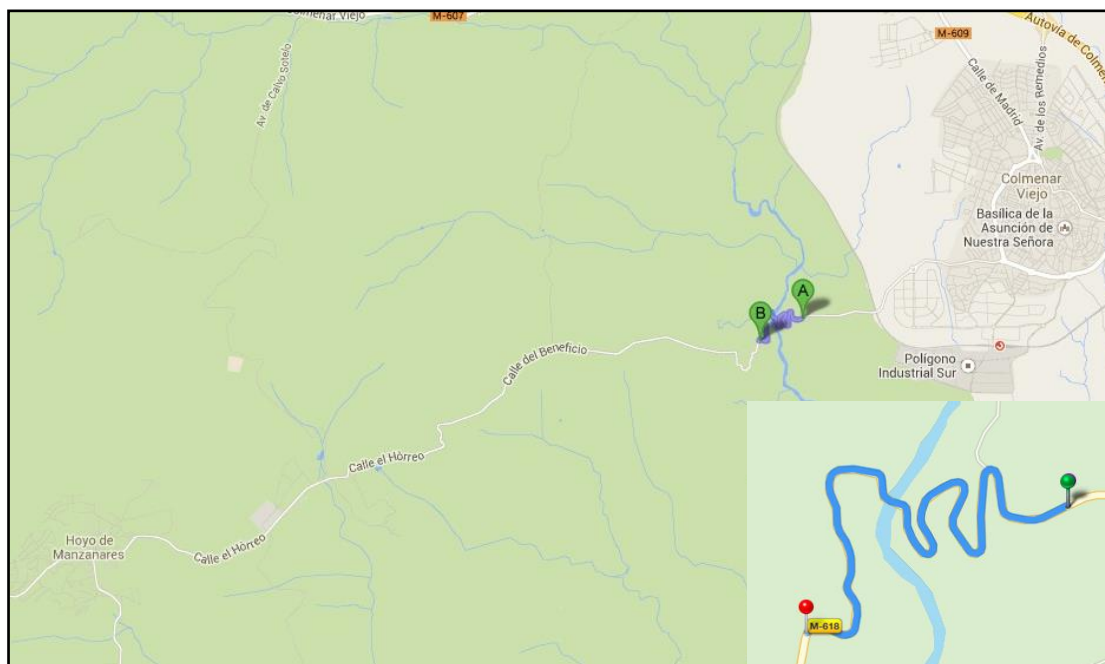


Fig. 1.4. Zona Carretera M-618

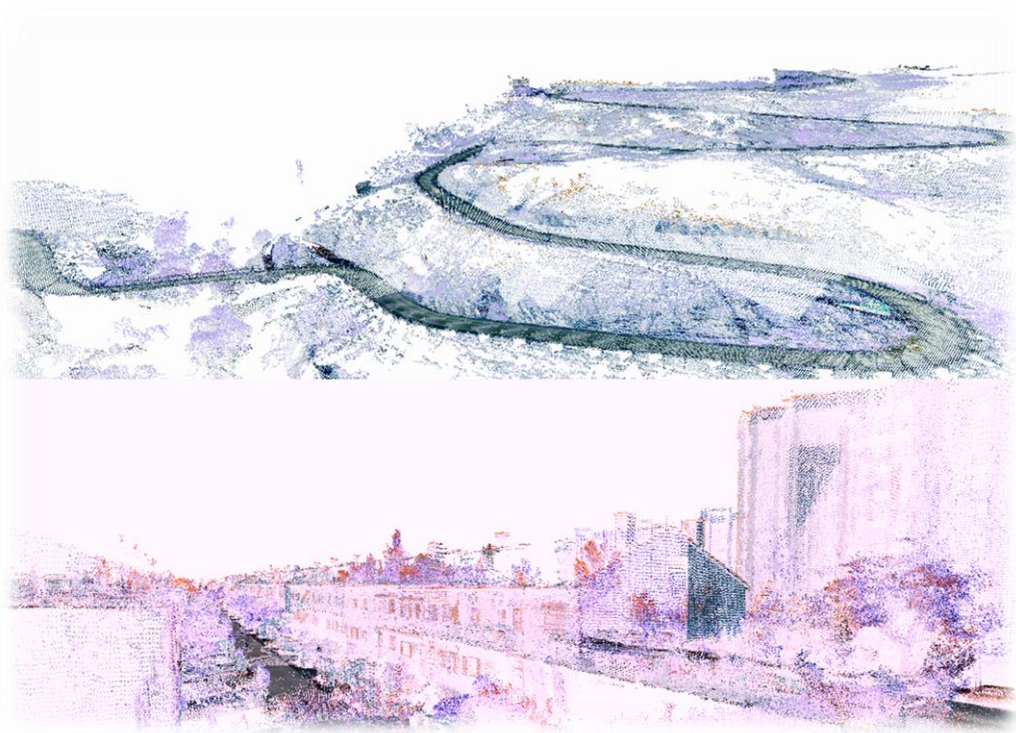
En el tramo de carretera nos encontramos con el Puente del Grajal ([Fig.1.5](#)), que se halla en el término municipal de Colmenar Viejo en la Comunidad de Madrid (España). Se alza sobre el curso alto del río Manzanares, junto a la carretera M-618, que enlaza la citada localidad con Hoyo de Manzanares y Torrelodones en sentido Este-Oeste con un recorrido total de 23 km. Fue levantado en la Edad Media, durante la dominación musulmana de la Península Ibérica. Está incluido dentro del Parque Regional de la Cuenca Alta del Manzanares, motivo por el cual junto a su denominación oficial consta también el término *Vía Parque*, figura legal que protege su entorno.



Fig. 1.5. Tramo de Carretera M-618

El puente formaba parte de un camino militar, que unía Talamanca de Jarama con el Valle del Tiétar, construido por el poder andalusí para comunicar una serie de atalayas y ciudadelas con las que la población musulmana hacía frente a las incursiones cristianas en la Marca Media. Las más próximas a su enclave son las de Hoyo de Manzanares, conocida como La Torrecilla, y la torre-vigía de Torreldones, que aún se mantiene en pie.

Estas fortificaciones fueron erigidas entre los siglos IX y XI, con lo que puede datarse la construcción del puente en este período. El Puente del Grajal fue objeto de una restauración en el siglo XVIII, que alteró parcialmente su aspecto primitivo. [2]



2. Modelo de datos



2. Modelo de datos

Una vez realizado el estudio previo y después de visitar todas las zonas de estudio se realiza un modelo de datos para el inventario, con los siguientes bienes de uso público que en nuestro caso hemos denominado: árboles, contenedores, farolas, papeleras, bancos, registros de luz, de agua y de telefonía, hidrantes de incendio, señales horizontales y verticales, y demás activos de la misma o semejante naturaleza. Además también nos hemos basado en la empresa Geograma [10] en los activos que suele inventariar y en los activos de los que consta el Anillo Verde de Madrid.

Modelo de datos de la zona urbana de Tres Cantos:

El modelo de datos propuesto se compone de todos los activos que se tienen que registrar en Tres Cantos ([Fig. 2.1](#) y [Fig. 2.2](#)), los cuales se relacionan con el nombre de la calle en la que están situados.



El modelo de datos completo de la zona urbana (*Fig. 2.1 y Fig.2.2*) serían los siguientes:

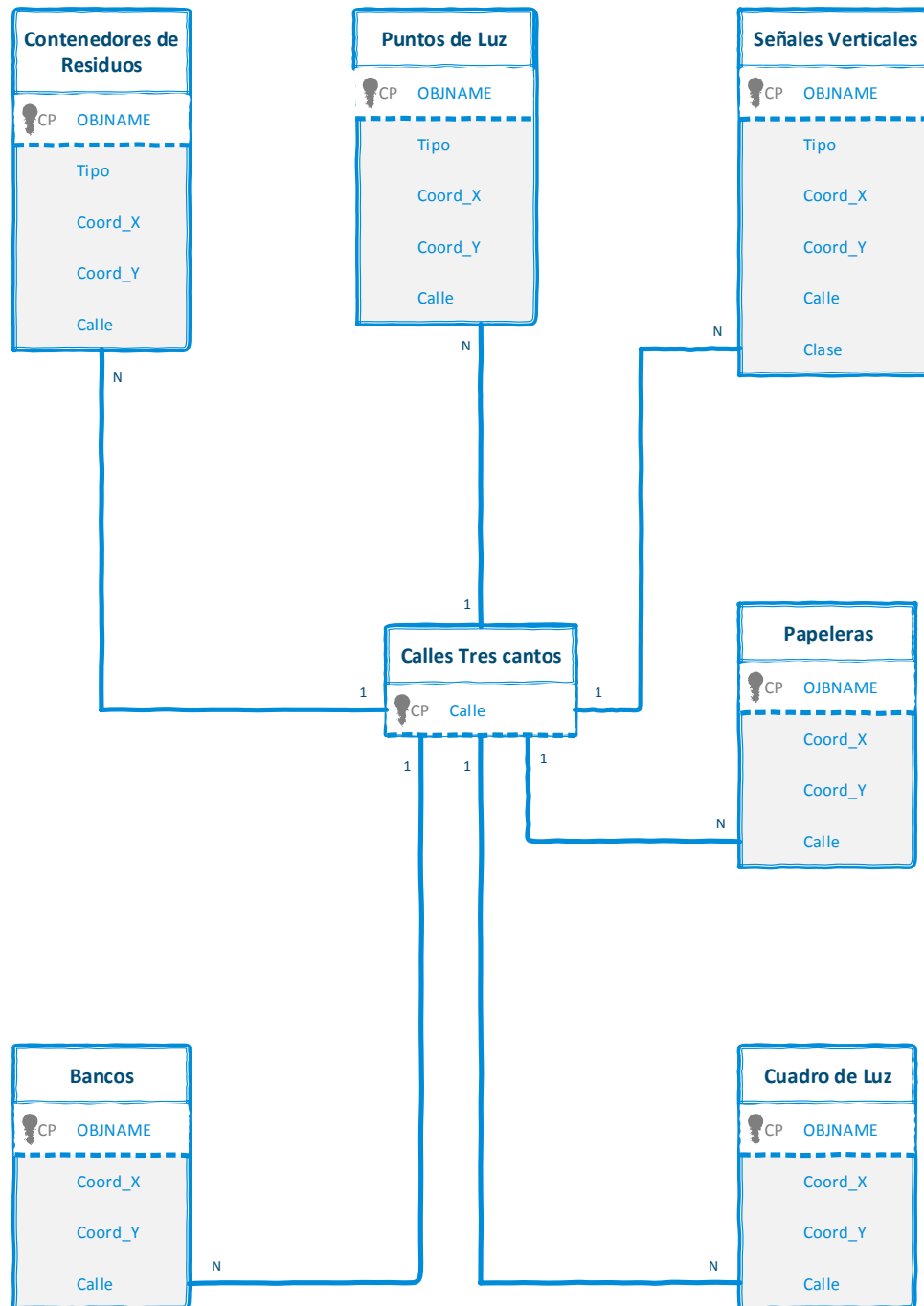


Fig. 2.1. Diagrama UML de la Zona Urbana 1

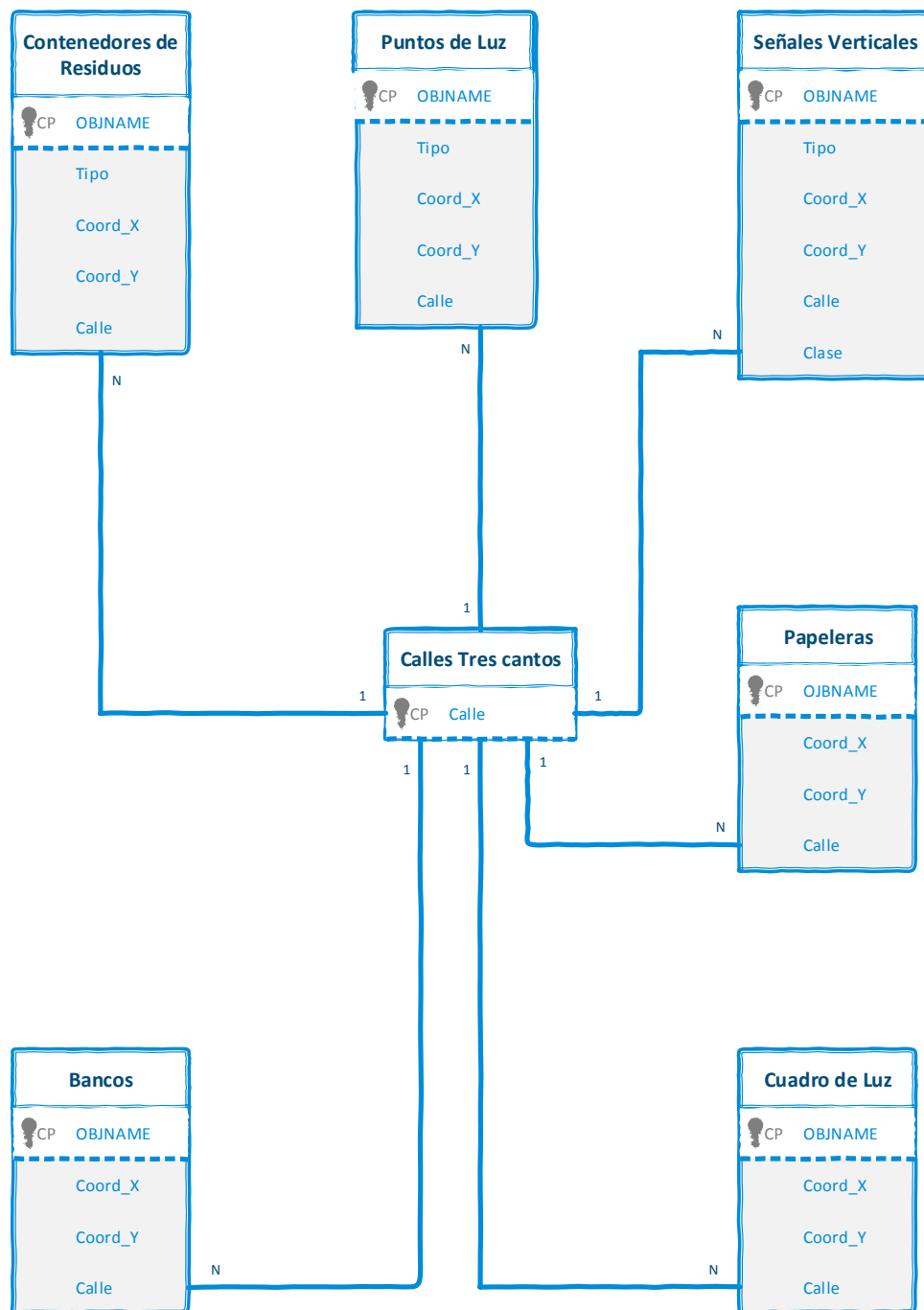


Fig. 2.2. Diagrama UML de la zona Urbana 2



Modelo de datos del Tramo de la carretera:

El modelo de datos de la carretera está basado en los activos que la forman a lo largo del tramo registrado y que están referidos al punto kilométrico de la carretera (**Fig. 2.3**).

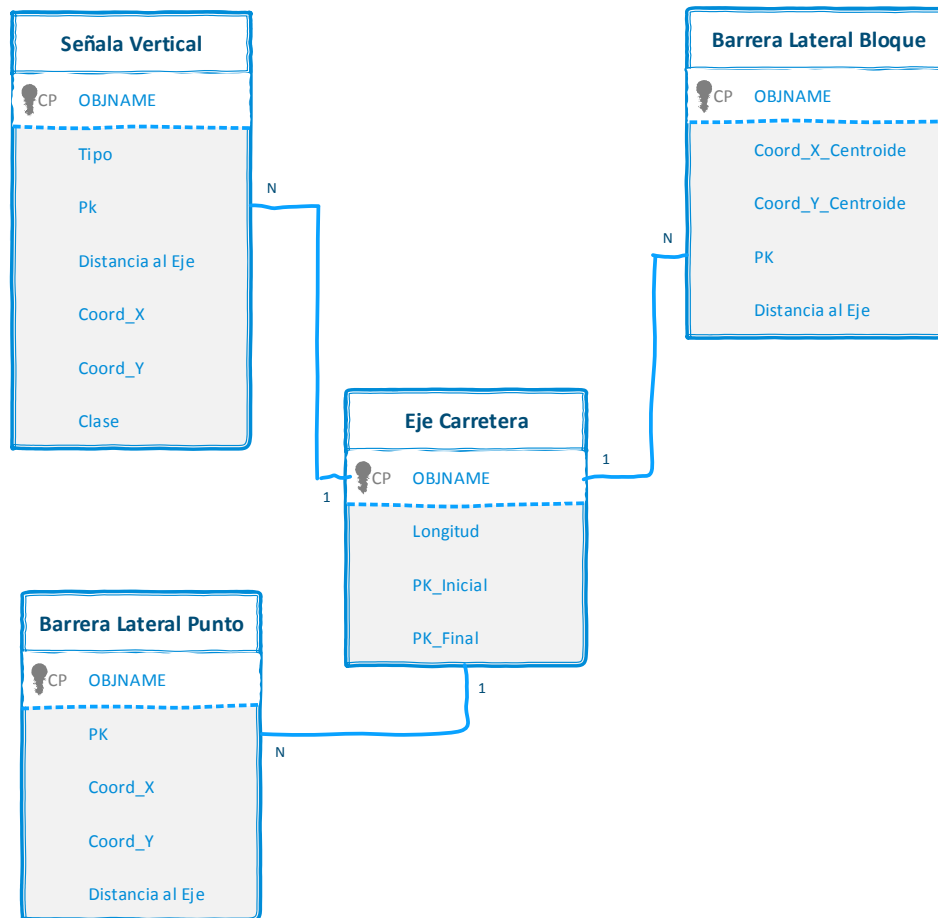


Fig. 2.3. Diagrama UML de la Carretera M-618

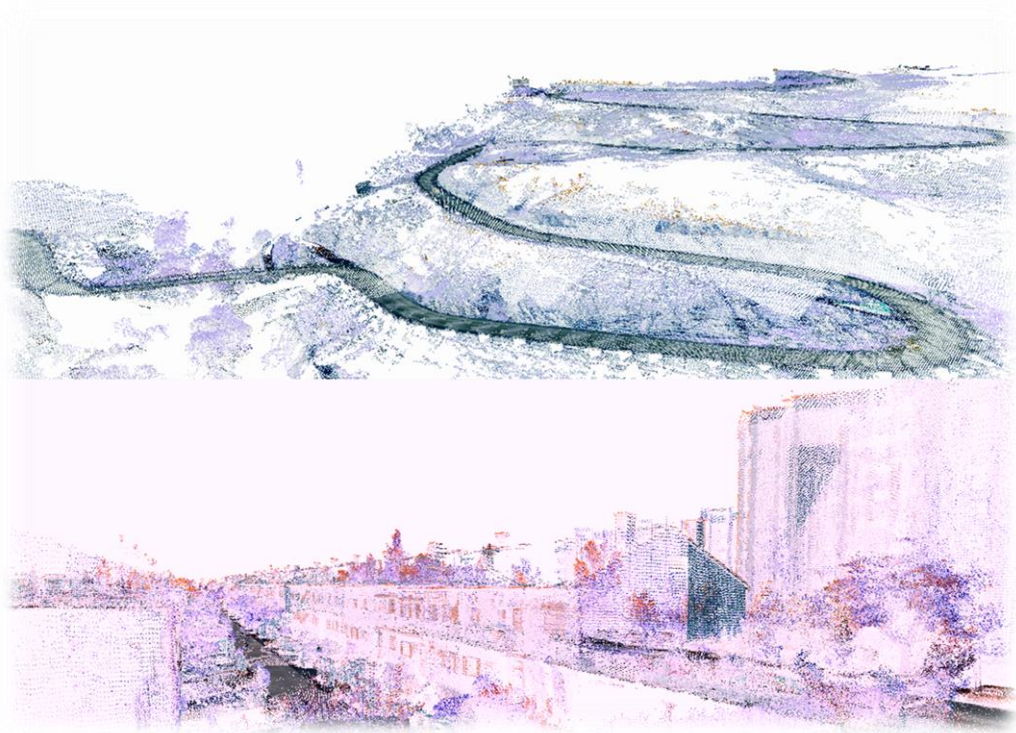


Modelo de datos de la Zona del Parque Central:

El modelo de datos del parque consta de todos los activos del parque, en este caso no están referidos a un elemento en particular (*Fig. 2.4*).



Fig. 2.4. Diagrama UML del Parque Central



3. Material



3. Material

El material utilizado es el propio cedido por la empresa Topcon Positioning y ha sido un receptor GNSS portátil todo en uno GRS-1 y un sistema de Mobile Mapping IP-S2 Compact+.

3.1 Introducción a la tecnología

Mobile Mapping

El **Mobile Mapping** consiste en la integración de diferentes métodos de captura de datos, como pueden ser cámaras fotográficas, escáneres láser, Radar, LiDAR..., para conseguir un resultado para el cual sería necesario realizar la captura de los mismos datos el mismo número de veces que diferentes métodos queramos utilizar. Los instrumentos utilizados por esta técnica se ven sobre todo en aparatos situados sobre coches, aunque también se puede situar sobre trenes o cualquier otro vehículo, dependiendo el uso o finalidad del producto final y del entorno de trabajo.

El **escaneo láser** describe un método mediante el cual una superficie se muestrea o escanea usando tecnología láser. Se analiza un entorno u objeto real para tomar datos sobre su forma y, posiblemente, su apariencia (por ejemplo el color). Los datos capturados pueden ser usados más tarde para realizar reconstrucciones digitales, planos bidimensionales o modelos tridimensionales útiles en una gran variedad de aplicaciones.

La ventaja del escaneo laser es el hecho de que puede tomar una gran cantidad de puntos con una alta precisión en un periodo de tiempo relativamente corto. Es como tomar una fotografía con información de profundidad. Y al igual que en el caso de la fotografía, los escáneres laser son instrumentos de línea de vista. Por lo tanto, es necesario realizar múltiples capturas desde diferentes estaciones para garantizar una cobertura completa del objeto.

LiDAR es el acrónimo de las palabras inglesas Light Detection And Ranging. Esta tecnología tiene su origen en la fusión de la tecnología láser junto con la tecnología RADAR (Radio Detection And Ranging), lo cual ha permitido mejorar en gran medida la precisión de los sistemas de detección dando lugar a nuevas aplicaciones.

El fundamento de los dispositivos basados en la tecnología LiDAR es el cálculo del tiempo de vuelo (TOF – Time Of Flight) de los pulsos láser de manera que, conociendo la velocidad del mismo, las características angulares con las que fue emitido, y la diferencia de tiempos entre el rayo emitido y el reflejado se puede determinar de manera sencilla la distancia a la que se encuentra el obstáculo/objeto con que el rayo

impactó. Esto permite, con gran exactitud, conocer las coordenadas de la posición de objetos o superficies con respecto del sistema de coordenadas del propio dispositivo.

La tecnología **LiDAR** es resultado de la integración las tecnologías GPS, Unidad de Medición Inercial y sensor láser. Los datos obtenidos con la combinación de las tres tecnologías sirven para definir la superficie del terreno y generar Modelos Digitales de Elevación (MDE). El levantamiento LiDAR tiene ventajas sobre la captura con métodos convencionales: requiere de mínimo control geodésico en tierra y los datos tienen una mayor densidad y una mayor precisión.

El LiDAR mobile es equivalente a un LiDAR terrestre pero equipado con el mismo hardware que se usa en el LiDAR aéreo (GPS e INS), lo que permite realizar mediciones masivas de nubes de puntos (*Fig. 3.1*) e imágenes con precisión desde un coche en movimiento a una velocidad de hasta 100 km/h. [8]



Fig. 3.1. Vista general de la nube de puntos

La tecnología LiDAR Mobile proporciona información precisa, imágenes tridimensionales que permiten a los diseñadores experimentar y trabajar directamente con las condiciones del mundo real, la visualización y manipulación de ricas nubes de puntos, capaz de registrar millones de puntos.

Cualquier sistema LiDAR móvil integra varios subsistemas: cámaras de marco digital, un escáner laser, una unidad inercial de medida (IMU) en combinación con un sistema global de navegación por satélite (GNSS) y una unidad de control para controlar todos estos elementos. Estos tres tipos de tecnología se utilizan para determinar la posición absoluta de la plataforma de cartografía móvil con respecto a un sistema de



coordenadas globales (WGS84).

El GNSS es el componente básico del sistema de posicionamiento y puede proporcionar exactitud de centímetros. Sin embargo, es virtualmente imposible mantener la señal GNSS a lo largo de una toma entera debido a los efectos multipath y los períodos de interrupción del GNSS (por ejemplo, túneles, edificios altos, copas de árboles...). Esta limitación a menudo conduce a la combinación de GNSS con unidades de medición inercial. En el proceso, llamado dead reckoning (navegación a estima), las nuevas posiciones se calculan exclusivamente de la anterior, aunque no puede utilizarse durante largos períodos de tiempo porque los errores en las estimaciones computados aumentan continuamente.

Estos errores surgen del ruido presentes en las mediciones inerciales, por esta razón los actuales sistemas que emplean tecnología IMU dependen de GNSS para recibir las correcciones periódicas, posición, velocidad y actitud del vehículo. Una importante desventaja de IMU para la navegación es que por lo general sufren errores acumulados, incluyendo el error de Abbe¹. Debido a que el sistema de guía está continuamente añadiendo cambios detectados a sus posiciones previamente calculadas, cualquier error en la medición, aunque sea pequeña, se acumulan a partir de un punto a otro. Esto conduce a la deriva o una diferencia cada vez mayor entre lo que el sistema cree que se encuentra, y la ubicación real.

Debido a que los dispositivos solo son capaces de recoger datos en un intervalo de tiempo finito, las IMU siempre están trabajando con promedios. Así que, si un acelerómetro es capaz de recuperar la aceleración cada segundo, el dispositivo tendrá que trabajar como si el dato obtenido hubiera sido el valor de la aceleración a lo largo de ese período de tiempo, a pesar de que la aceleración podría haber variado drásticamente en ese instante. Por supuesto, los dispositivos modernos son capaces de recoger datos mucho más rápido de cada segundo, pero con el tiempo este error se incrementa exponencialmente.

Los acelerómetros son dispositivos capaces de medir aceleraciones y están basados en la medida de la fuerza hacia atrás de una masa conocida. Cuando experimentan una fuerza real hacia adelante, el dispositivo no solo mide la aceleración a la que está sometido, sino que también mide la aceleración gravitatoria debido a la atracción sometida por la superficie terrestre. Los acelerómetros detectan variaciones de velocidad perpendicularmente a la superficie del propio sensor, proporcionando una tensión proporcional a la aceleración que sufre el sensor.

Los giróscopos se utilizan para medir la orientación o para mantenerla, por estar basado su funcionamiento en el principio de conservación del momento angular, detectan variaciones de ángulo en un eje determinado. El giróscopo es un dispositivo formado esencialmente por un cuerpo con simetría de rotación que gira alrededor de su eje de simetría. En el IP-S2 el giróscopo utilizado es de anillo láser y está basado en el principio de Sagnac. El principio de Sagnac está basado en la propagación de dos haces de luz

¹ El error de Abbe consiste en el desplazamiento que hay entre la posición real de un objeto y la medición obtenida, siendo este error el aumento del error angular sobre la distancia.



que se propagan en direcciones opuestas alrededor de una trayectoria común y que experimentan un cambio de fase relativo en función de la velocidad de rotación [16]. Los haces interfieren uno con otro, formando un modelo estable (una onda estacionaria, se forma por la interferencia de dos ondas de la misma naturaleza con igual amplitud y frecuencia que avanzan en sentido opuesto a través de un medio). Pero este modelo se desplaza en una proporción directa a la tasa de rotación del complejo láser.

Ciertos puntos de la onda estacionaria llamados nodos, donde la amplitud es mínima o máxima, permanecen inmóviles y están relacionados con el sistema inercial de referencia. La posición de los nodos no cambia si el giróscopo no se mueve respecto al sistema de referencia. Si el cuerpo del giróscopo (el resonador) gira, los fotorreceptores miden el ángulo del giro para calcular las bandas de interferencia que los atraviesan (la interferencia es un fenómeno en el que varias ondas se superponen para formar una onda resultante de mayor o menor amplitud). [17]

La mayoría de los sistemas GNSS/IMU utilizada en sistemas móviles de LiDAR son apoyados por un instrumento de medición de distancia (DMI). Estos son dispositivos rentables y confiables para recoger y transmitir los datos rotacionales, que es típicamente los observamos como velocidad, distancia y posición. Estos codificadores pueden ser ópticos o mecánicos, estos últimos se utilizan cuando las velocidades son altas o se requiere un mayor grado de precisión. Un DMI está montado en la rueda del vehículo con un cable de transmisión y potencia de datos [5].

En la mayoría de los casos, un algoritmo de filtrado de Kalman es utilizado para la combinación óptima de los GNSS/IMU/DMI mediciones en una posición a bordo y orientación sistema (POS), el filtro de Kalman es un conjunto de ecuaciones matemáticas que utiliza una serie de mediciones observadas en el tiempo, que contienen ruido y otras imprecisiones, para producir las valoraciones del pasado, presentes y futuro, incluso estados que tienden a ser más precisos que los basados en una sola medición. Funciona de forma recursiva en flujos de datos de entrada con ruido para producir una estimación estadística óptima de estado del sistema. Su uso común es de orientación, navegación, y control de vehículos.

Finalmente se debe tener en cuenta en términos de productividad y seguridad, que el IP-S2 requiere al menos dos personas para la medición, una de ellas responsable de conducir el vehículo y otra persona para el control de la recopilación de datos LiDAR.



DGPS (Differential GPS)

El DGPS (o GPS Diferencial), se usa normalmente para realizar mediciones entre dos o más receptores y así calcular la corrección diferencial entre las medidas, proporcionando así una mayor precisión a las coordenadas [6].

Con DGPS, un receptor de referencia o 'estación base' está colocado en un lugar de coordenadas conocidas, recibiendo la señal de los satélites y calculando la posición, y un receptor remoto o 'rover' está colocado en un lugar de coordenadas desconocidas. La 'estación base' recopila las medidas de cada satélite a los GPS y forma las correcciones diferenciales entre las distancias calculadas y las pseudodistancias. Entonces, el receptor remoto define la posición geográfica con una precisión que depende de la calidad de las informaciones de corrección recibidas y la distancia del emisor DGPS.

El sistema DGPS [7] suele estar constituido por los tres componentes siguientes (Fig. 3.3):

- Una estación de control en el terreno que recoge constantemente los datos emitidos por los satélites y que calcula las correcciones a introducir a cada satélite;
- Un medio de transmisión de las informaciones de corrección. El emisor puede estar situado en el mismo lugar que la estación de control o bien llevarse lejos, por ejemplo en un satélite o formar parte de una red de estaciones de control. La informaciones también pueden ser registradas para un posterior tratamiento;
- Un receptor capaz de recibir las informaciones de las correcciones DGPS y conectado a un receptor GPS provisto de una función de corrección diferencial. En este caso de tratamiento diferido, las informaciones recibidas son simplemente grabadas, para luego ser tratadas.

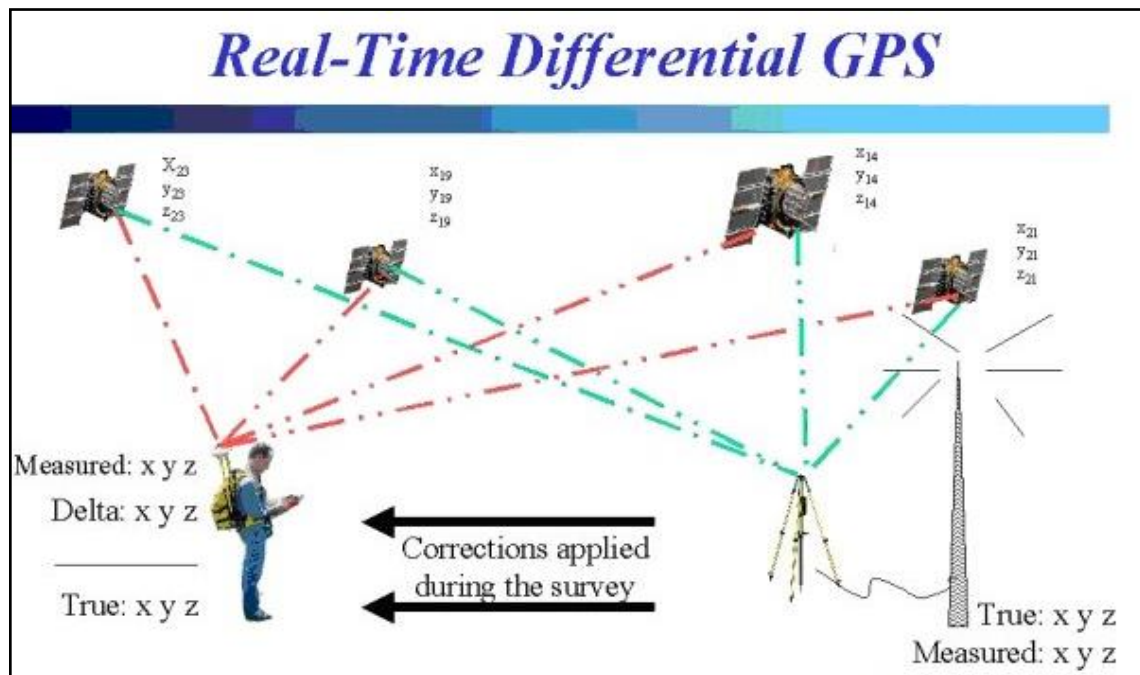


Fig. 3.3. Grafico flujo de trabajo DGPS

Estas correcciones están en constante crecimiento en la industria estándar, consolidado por la transmisión de correcciones diferenciales a los receptores remotos usando la información aplicada a una conexión telefónica. El receptor aplica las correcciones DGPS transmitidas a las medidas de los satélites.

Usando esta técnica los errores espaciales, tales como los errores de la posición orbital del satélite, los errores ionosféricos, o los errores troposféricos, pueden ser reducidos, mejorando así mejora la precisión de la posición del GNSS.

Una cantidad de correcciones diferenciales se ponen en práctica, incluyendo post-procesos, RTK, radiobalizas marítimas, satélites geoestacionarios y el WAAS (Sistema de aumentación basado en satélites).

El método RTK es el más preciso de los métodos de medición en tiempo-real. El RTK requiere al menos dos receptores con navegación y comunicación conjunta entre ellos. Uno de estos receptores está en un lugar de coordenadas conocidas (Estación Base) y el otro en un lugar de coordenadas desconocidas (Rover). La estación base recopila las medidas, genera las correcciones RTK y las envía al 'rover'. El 'rover' procesa las mediciones recibidas con sus propias observaciones y calcula las posiciones relativas con alta precisión.

3.2 Instrumental

IP-S2 Compact+ (Topcon)



Fig. 3.4. IP-S2 Compact+

El sistema IP-S2 Compact+ (*Fig. 3.4*) consiste en el escaneo láser de una superficie, generando una nube de puntos de alta densidad junto a una capa de imágenes a color [8].

Las posiciones del vehículo se obtienen utilizando tres tecnologías: un receptor de doble frecuencia GNSS que establece una posición geoespacial; una Unidad de Medición Inercial (IMU) que proporciona la posición del vehículo; y la conexión al vehículo a codificadores externos en las ruedas para obtener información de odometría. Estas tres tecnologías trabajan juntas para

mantener una posición 3D de alta precisión para el vehículo, incluso

en lugares donde las señales de satélite pueden ser bloqueadas por obstáculos tales como edificios, puentes o árboles.

El sistema IP-S2 Compact+ incluye tres escáneres LiDAR de alta resolución que cubren la trayectoria del vehículo a nivel del terreno y barren las áreas adyacentes a una distancia de 30 metros, pudiendo superar esa distancia si las condiciones del terreno son buenas.

Respecto a la meteorología con tiempo soleado o nublado el IP-S2 funciona perfectamente, pero cuando el tiempo es soleado las imágenes son más vistosas al tener más luz; en cambio, con lluvia los láser generan ruido en las nubes de puntos, y los cristales de la cámara aun echándole un producto repelente de agua se llenan de gotas de agua que estropean las imágenes.

Los componentes que componen el IP-S2 ([Fig. 3.5](#)) una vez está montado en el vehículo son los siguientes:



Fig. 3.5. Componentes IP-S2

1. Antena GNSS
2. Cámara digital 360°
3. IMU (Unidad de Medición Inercial)
4. Láser Escáner
5. Datos odómetro del CAN Bus o de codificadores de rueda externos



1. Antena GNSS

Determina constantemente la posición exacta del vehículo y su comportamiento. Capaz de procesar señales L1 y L2 y GLONASS.



2. Cámara digital 360°

Captura imágenes panorámicas en 360° y tiene un campo de visión esférico superior al 80 %. Recoge 15 imágenes por segundo.



3. IMU (Unidad de Medición Inercial)

La IMU es un dispositivo electrónico que mide la velocidad, rotación y fuerzas gravitacionales. La IMU está compuesta por un conjunto de acelerómetros y giróscopos que obtienen datos de uno o más ejes ortogonales. La IMU en el IP-S2 proporciona una información a alta velocidad de la aceleración y rotación. Cuando se combina con la medición GNSS de alta precisión, la IMU permite al sistema IP-S2 calcular posiciones cuando se conduce cerca de una obstrucción como edificios y árboles o a través de un túnel o un paso inferior sin comprometer la precisión.



4. Láser Escáner

Captura una nube de puntos 3D en alta densidad y resolución, recogiendo 40000 puntos georreferenciados a una distancia de hasta 30 m.



5. Odómetro

Instrumento utilizado para obtener información sobre la velocidad de las ruedas. Se utiliza para estimar la velocidad y posición del vehículo basado en la localización previa conocida.

GRS-1



Fig. 3.6. Receptor GRS-1

El GRS-1 ([Fig. 3.6](#)) de Topcon es un sistema móvil RTK compatible con red de constelación doble y totalmente integrado. Se trata de una unidad de mano polivalente que incluye receptor GNSS y controladora de campo con cámara integrada y brújula. También incluye módem GSM interno y conectividad inalámbrica a través de la tecnología WiFi y Bluetooth.

El GRS-1 puede recibir y procesar señales GPS y GLONASS L1 y L2, pero para tener L1 y L2 hay que conectar una antena externa al receptor. El receptor tiene capacidad de DGPS gracias a la antena interna L1 que puede utilizarse para GIS y navegación.

El receptor tiene capacidad de DGPS gracias a la antena interna L1 que puede utilizarse para GIS y navegación. El GRS-1 puede recibir y procesar señales GPS y GLONASS L1 y L2, pero para tener L1 y L2 hay que conectar una antena externa al receptor.

El receptor tiene capacidad gracias a una portadora interna que emite en la frecuencia L1, pudiéndose utilizar en modo DGPS para realizar trabajos de GIS o para la navegación. También tiene la opción de procesar señales en las frecuencias L1 y L2 añadiendo una antena externa por un puerto COM1, para mejorar las precisiones (trabajando en diferencia de fase) y poder trabajar en RTK.



3.3 Configuración

IP-S2

La configuración del IP-S2 es la configuración estándar, siendo la configuración más equilibrada de las que se pueden elegir. Configuración de los sensores de datos:

- La frecuencia de imágenes es cada 5 metros.
- La frecuencia del láser son 75 perfiles por segundo cada laser, cada laser genera como máximo 200 puntos.
- Las cámara de 360° está compuesta de 6 cámaras de 5 megapíxeles cada una. Las cámara junta cada imagen generada en una única fotografía panorámica de 8000x4000 pixeles.

Configuración de los sensores de posición:

- El odómetro tiene una frecuencia de 1000 pulsos por vuelta.
- La IMU que está compuesta por tres acelerómetros y tres giróscopos tiene una frecuencia de 100 Hz.
- La antena GNSS (GPS+GLONASS) está conectada entre la base de referencia de Tres Cantos y el IP-S2 con una frecuencia de 5 Hz.

GRS-1

El receptor GRS-1 trabaja con señal GPS y GLONASS L1. Está conectado a internet móvil mediante una SIM de teléfono y mientras reciba cobertura móvil recibe correcciones por internet. Además está conectado con la estación de referencia que hay en la azotea de la oficina de Topcon con la que recibe las correcciones. Cuando está conectado a la red 3G la precisión del receptor es submétrica, pero en el momento que pierde la cobertura ésta precisión aumenta hasta el metro y medio.



3.4 Características técnicas de los instrumentos

IP-S2

Las características técnicas del IP-S2 provienen de la Hoja Técnica del IP-S2 Compact+ que está disponible para su descarga desde la página web de Topcon España [8]. Siendo las características las siguientes (*Fig. 3.7*):

COMPONENTE GNSS

Canales	40 canales, Bifrecuencia, GPS +GLONASS L1/L2
Seguimiento bajo de Señal	Por debajo de 30 dBHz
Readquisición	<1 seg
Posición Tiempo Real y Datos Brutos	Actualización > 10 Hz

COMPONENTE IMU

(Opción de Nivel Comercial, IMU de alta precisión)

Tipo de Gyro	Gyro Fiber Optic
Estabilidad de Gyro Bias	1° /h
Offset Gyro Bias	20° /h
Gyro ARW	0.0667° /h
Acelerómetro Bias	7.5 mg (por defecto)

COMPONENTE IMU

(Opción de Nivel Táctico, IMU de alta precisión)

Tipo de Gyro	Gyro Ring Laser
Estabilidad de Gyro Bias	1° /h
Offset Gyro Bias	1° /h
Gyro ARW	0.125° /h, Max
Acelerómetro Bias	1.0 mg

Componente De Imagen Panorámica

Tipo de Sensor de Imagen	Seis CCD de escaneo progresivo a color de Sony
Panorama Resolución Máxima	5400 (H) x 2700 (V)
Campo de Visión	Esfera total >80%, Panorama 360°

Componentes LIDAR

Campo de Visión del Sistema	Campo de Visión Vertical 360°, opción de 5 escáneres
Campo de Visión por escáner	Máx 190°
Frecuencia de escaneo	75 Hz 100 Hz
Rango de Operación	0.7 m ... 80 m
Clase de Láser	1 eyesafe (EC 60825-1 (2007-6))
Resolución Angular	0.5° 0.667°

Fig. 3.7. Características Técnicas IP-S2

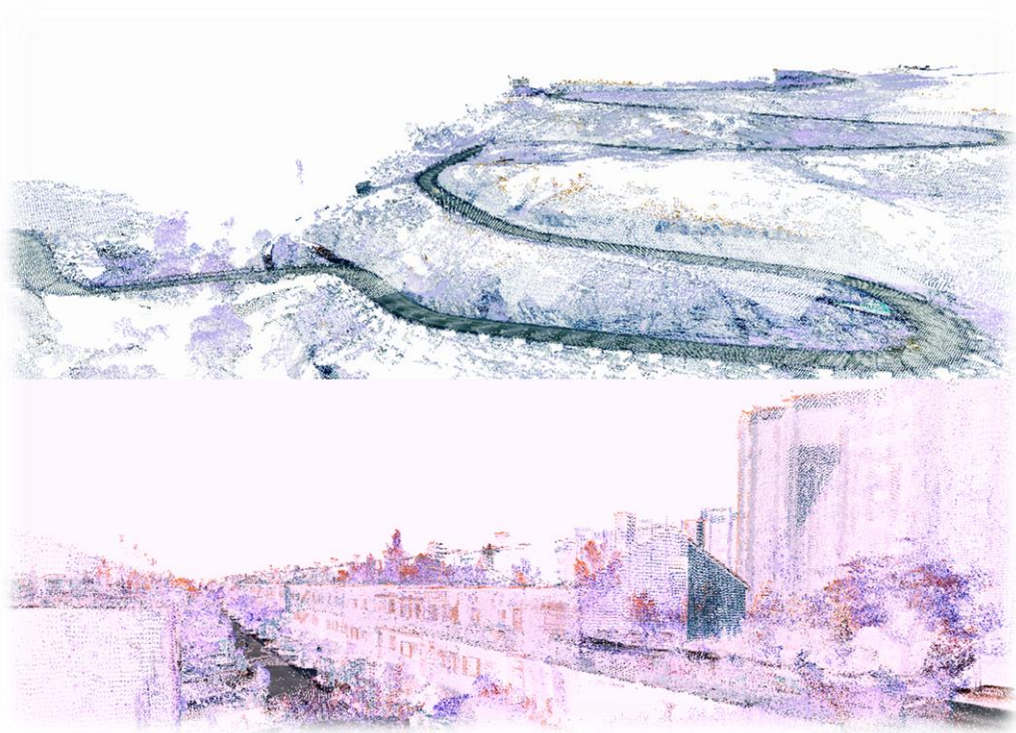


GRS-1

Las características técnicas del receptor GRS-1 están sacadas de la Hoja Técnica del GRS-1 [9] que está disponible para su descarga en la web de Topcon España, siendo las características del receptor las siguientes (*Fig. 3.8*):

Componente Gnss		Hardware	
GNSS Receiver	GPS+GLONASS	Microprocessor	XScale PXA320
Number of Channels	72 GPS + GLONASS L1/L2	Processor Speed	806 MHz
DGPS Accuracy	<1m* HRMS	Operating System	Windows Mobile 6.1
WAAS/EGNOS	Yes	Memory	256MB SDRAM / 1GB Flash
CORS Beacon	Yes with BR-1	Data Update Rate	Up to 100 MHz
Network DGPS	Yes with internal modem	Display	3.7" VGA LCD
DGPS Post Processing	Sub foot (<30cm)	Built-in Camera	2.0 Megapixel
RTK Accuracy (Centimeter)	H: 10mm+ 1.0ppm V: 15mm+ 1.0ppm	Keyboard	3 key plus Virtual Keyboard
RTK Accuracy (Decimeter)	H: 5mm + 1.0ppm V: 8mm + 1.0ppm	Magnetic Compass	Internal, 4 degree accuracy
Communication		Battery Life	5 Hours (GPS Static Mode)
USB	Miniport	Battery Type	Li-on Rechargeable
Card Slot	Secure Digital (SD)	Environmental	IP66, 1 meter drop
Cellular Capability	Internal GSM or CDMA	Software	
Input/Output	Bluetooth, USB, Serial, Antena	On board Software	Field Tools for ArcPad, TopSURV GIS, 3rd party, eGIS, eGPS
Expansion Connector	Weatherproof Comm. Port	Office Software	Topcon Tools-GIS, eViewer
WLAN Connectivity	Standard		

Fig. 3.8. Características Técnicas GRS-1



4. Planificación



4. Planificación

4.1 Primera fase

Durante las semanas previas a comenzar con las mediciones de Tres Cantos se realizan varios viajes para estudiar las posibles zonas por donde transcurrirá el proyecto. En estos viajes es donde se decreta la zona de estudio, siendo el Parque Central uno de los lugares elegidos para realizar el Proyecto. Con la visita al Parque Central se realizan fotos de los activos que posee el parque para así poder discutir después qué elementos se deben grabar y cuáles no. Al final se eligen los jardines próximos a la Torre del Agua que está situada en el norte del parque y muy cerca de la Avenida de la Vega, porque es una de las zonas más interesantes que tiene el parque, al ser un terreno de gran desnivel y con árboles muy frondosos, también nos servirá para ver cómo responde y opera el coche en zonas de grandes pendientes y para comprobar la posible pérdida de señal en las zonas arboladas, otra causa por la cual elegimos esta zona fue porque dispone de caminos que rodean a cada jardín para un fácil acceso del vehículo pudiendo recopilar la mayor información posible.

Después de reconocer el área de estudio se acude al Ayuntamiento de Tres Cantos, al área de Obras, que es la encargada del mantenimiento de los parques de Tres Cantos, para solicitar un permiso con el que se pueda circular con el vehículo de Mobile Mapping dentro del parque. Este permiso se solicita por medio de un escrito. Hasta que no se obtiene la respuesta al escrito no se puede comenzar a circular por el parque y grabar los jardines del mismo.

Para la carretera que une Colmenar Viejo con Hoyo de Manzanares se elige utilizar Google Street View para poder hacerse una idea de los activos de los que consta la carretera.

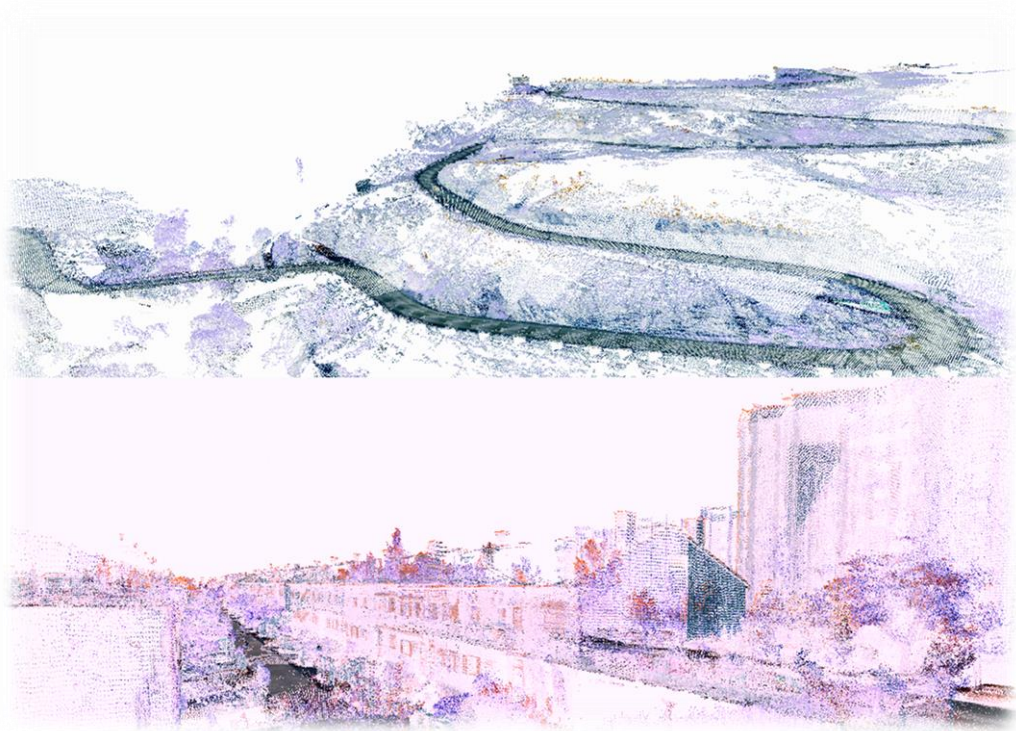
Para las calles de Tres Cantos por donde hay que circular se elige también Google Street View, ya que se busca unas calles que mezclen chalets con edificios de viviendas. Al final, la zona elegida son las calles que están entorno a la Calle del Bodonal.

4.2 Segunda fase

La Segunda Fase se centra en la familiarización con el receptor GRS-1. En ella se practica con el receptor en la zona de prácticas de la Escuela ([Fig. 4.1](#)). Durante este tiempo se prueban a levantar áreas, líneas y puntos, así como exportar los datos registrados y familiarizarse con la configuración del instrumento para evitar posibles problemas a la hora de toma de datos en Tres Cantos.



Fig. 4.1. Zona de pruebas con GRS-1



5. Trabajo de campo



5. Trabajo de campo

5.1 IP-S2

El trabajo de campo con el IP-S2 consiste en circular por los sitios que se desean grabar. El primer paso es que el operario monte el IP-S2 en el vehículo, una operación que conlleva 5 minutos en la que se conectan todos los cables. Esta operación se realiza en el garaje de Topcon.

Una vez montado el IP-S2 hay que dirigirse al primer sitio que se quiera grabar, en nuestro caso se trata del Parque Central. Una vez en el Parque Central se enciende el IP-S2 y su programa y se comprueba que la configuración es correcta y que funciona perfectamente. Después de realizar las comprobaciones se procede a arrancar el coche, saliendo el coche de manera brusca y realizando ochos para poder activar el sensor inercial del IP-S2 (ésta operación se realizó en una explanada donde no se molestara a ningún peatón). Durante todo el proceso de grabación el operario puede observar una pantalla que hay en el interior del coche para poder ver como se recogen los datos ([Fig. 5.1](#)) y donde está la interface del programa que usa el IP-S2 para grabar los datos y la cuál manipula el operario para decidir cuando se empieza a grabar o cuando se termina de grabar. Una vez realizada esta operación se procede a grabar el parque. El proceso es bastante sencillo teniendo sólo que pulsar el botón *Play* del programa para que comience a grabar, y pulsando el botón *Pause* en el caso que se tuviera que interrumpir la grabación por el hecho de que se pasase por algún sitio que estuviera fuera de los límites de la zona de estudio. Una vez que se ha terminado de recorrer en el parque la zona de estudio se procede a finalizar. Para ello, se para el coche en una zona externa del parque y se tiene que pulsar el botón *Stop* para que termine de grabar, ésta operación lleva 5 minutos mientras el ordenador procesa toda la información que ha grabado. Los datos brutos obtenidos durante la grabación tendrán que post-procesarse en gabinete y no teniendo ninguna comunicación entre el vehículo y la base. El proceso de grabación con el IP-S2 es el mismo en los tres supuestos, por lo que se repetirán las mismas operaciones en ambos casos. Durante la grabación de los datos el equipo funciona en post proceso y no hay ninguna comunicación entre el vehículo y la base. La estación de referencia que se utiliza para el post proceso es la estación de Tres Cantos que está en la Azotea de Topcon y los datos de la estación se descargan manualmente mediante un FTP.

Parque Central de Tres Cantos

Mientras se graba el parque el coche circula a una velocidad aproximada de 10 km/h, a esta velocidad de circulación el IP-S2 puede obtener una resolución de 4 a 5 cm (distancia entre puntos); si el coche circula en dos direcciones haciendo dos pasadas se puede conseguir una resolución de 2 a 3 cm (Ref. Presentación IP-S2 de Topcon).



Durante la circulación hay que evitar que se “cale” el coche, ya que si ocurriera el ordenador que va en el coche guardando los datos se apagaría debido a que las baterías que se encargaban de mantener encendido el ordenador mientras el coche está con el motor apagado no funcionaban y habría que empezar de cero el proceso. Además se realizan un par de pasadas por cada sitio por el que se pasa durante la grabación.

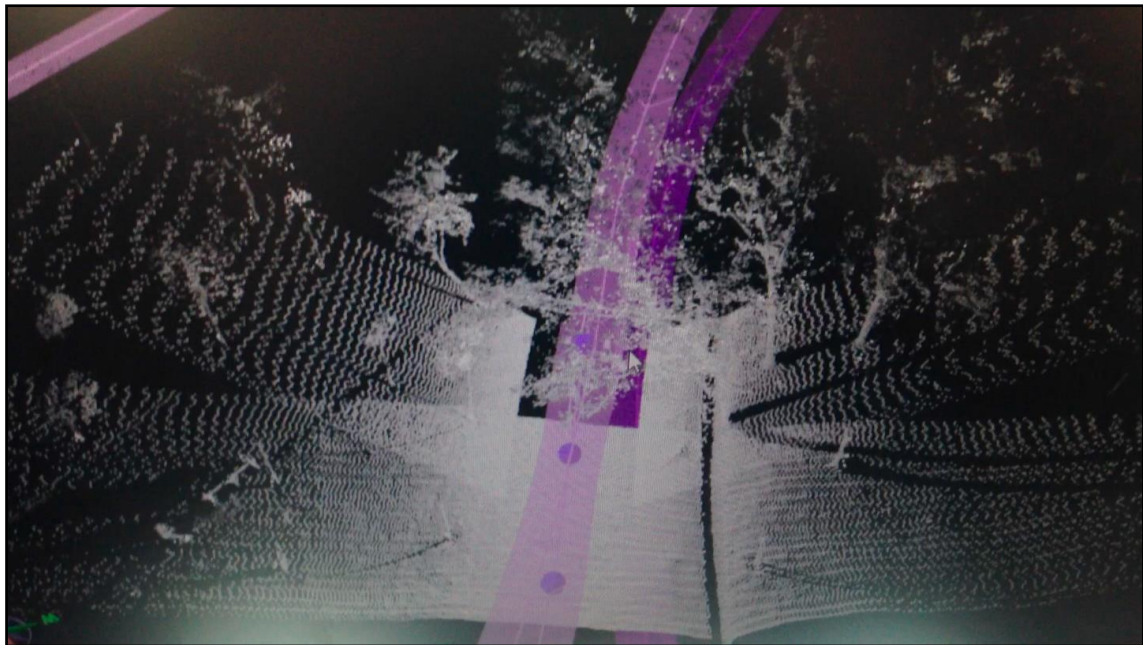


Fig. 5.1. Imagen de las trayectorias del IP-S2

Tres Cantos

Terminada la grabación del parque se procedió a grabar el tramo urbano, pasando por las calles de Brasilia, Caracas, Ciudad de México, Buenos Aires, Ciudad de Colombia y la calle del Bodonal. Antes de empezar a grabar el coche se sitúa en la Avenida de los Labradores para realizar la operación de activar el sensor inercial, realizando los ochos citados anteriormente y arrancando el coche de manera brusca.

Durante la grabación de Tres Cantos el vehículo circula a una velocidad entre 10 km/h y 20 km/h, la cual es la mejor velocidad posible para recopilar datos ya que la resolución obtenida de puntos es mayor que a velocidades mayores; y realizando varias pasadas entre las calles, en las calles que no tienen salida, una pasada de ida y otra de vuelta.

Una vez finalizada la grabación urbana se pasa a grabar la carretera M-618 ([Fig. 5.2](#)) que dirige a Hoyo de Manzanares.

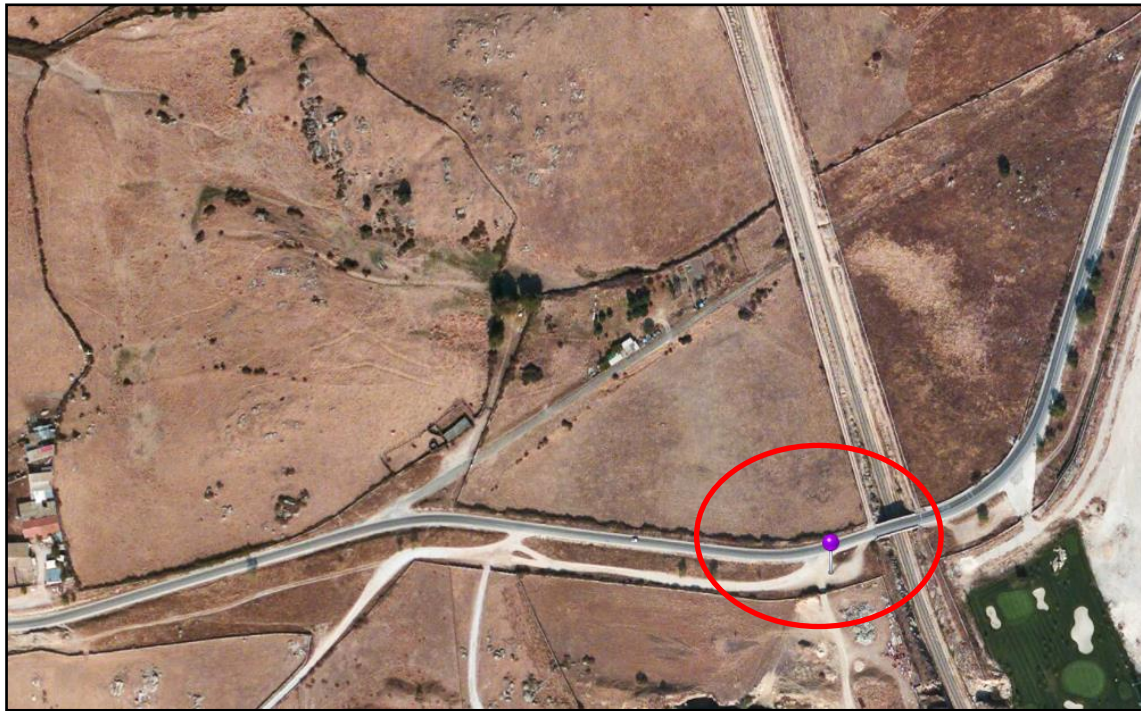


Fig. 5.2. Situación del IP-S2 antes de empezar a grabar

Carretera M-618

Antes de empezar a grabar, se sitúa el vehículo en un camino de tierra que hay junto a la carretera para poder hacer el arranque brusco y los ochos. Una vez en la Carretera M-618 se procede a grabar los datos, la velocidad que lleva el vehículo durante la grabación es de 50 km/h aproximadamente, dado que la carretera tiene señales de velocidad recomendada de 50 km/h y circulando a una velocidad menor se puede obstaculizar la circulación. El punto de inicio de la grabación de la carretera es aproximadamente el Pk 5+500 y continua hasta el Pk 7+200, llegados a este punto se pausa la grabación y se hace un cambio de sentido. Una vez dada la vuelta y llegados al Pk 7+200 donde se pausó la grabación aproximadamente, se comienza a grabar otra vez la carretera hasta que se llega aproximadamente al Pk 5+500 donde se pausa definitivamente y se da por finalizada la grabación de la carretera. Una vez finalizada la grabación se para el coche para terminar de guardar los datos ([Fig. 5.3](#)).



Fig. 5.3. Lugar de la parada final del IP-S2

5.2 GRS-1

Para la medición con el receptor GRS-1, utilizamos posicionamiento relativo de código mono frecuencia y los activos se miden con una sola medición. El receptor se conecta a la estación fija situada en Tres Cantos de Topcon, la cuál pertenece a la red de estaciones GNSS físicas de Madrid, para la medición.

Tres Cantos

El primer día de la toma de datos con el GRS-1 se lleva a cabo en las calles de Tres Cantos, el cual conlleva la medición de los elementos físicos, geométricos y de equipamiento de la Calle Ciudad de México y la Calle Buenos Aires. Antes de comenzar con la medición de las calles hay que crear el código con el que se van a medir las calles, en éste código se divide en elementos y atributos. Los elementos que se crean son farolas, alcantarillas, señales, tomas de agua, arboles, etc.; y en los atributos los correspondientes con los tipos de elementos. El código ([Tablas 5.4](#)) con el que se realiza la medición queda de la siguiente manera:



Comparativa con técnicas GNNS y Mobile Mapping de un inventario de elementos físicos y geométricos



Elemento	Tipo
Señales Verticales	Minusválido
	Niños
	Ceda
	Calle sin
	Salida
	Direc.
	Obligatoria
	Direc.
	Prohibida
	Paso de
	Cebra
	Proh.
	Estacionar
	Vado
	Vel. Máxima

Elemento	Tipo
Contenedor	Orgánico
	Envases
	Papel
	Vidrio

Elemento	Tipo
Señal Horizontal	Ceda
	Paso de
	Cebra
	Dirección

Elemento
Alcantarilla
Toma de Agua
Toma de Luz
Rejilla
Boca de Incendios
Banco
Acera
Aparcamiento
Nombre Calle
Papelera

Elemento	Tipo
Farola	Larga
	Corta
	Mixta

Elemento	Tipo
Árbol	Árbol del Amor
	Plátano de Sombra
	Almez

Tablas 5.4. Elementos levantados en la zona Urbana con el GRS-1



Comparativa con técnicas GNSS y Mobile Mapping de un inventario de elementos físicos y geométricos



Una vez creado el código y grabado en el GRS-1 se comienza a medir los elementos de la calle. Se decide qué orden seguir para medir y evitar así posibles errores de olvidarse elementos. La medición de los activos que son del tipo línea como las aceras o los aparcamientos el receptor los mide punto a punto, tomándose al principio de la calle y en el medio de la calle en el caso de que fuera recta, o en el principio de curva, vértice de curva y fin de curva.

La primera calle en medir es la Calle Ciudad de México donde los primeros elementos en medir son los contenedores, la toma de luz, boca de incendio, señales y la toma de agua, de ahí se pasa a medir el área de aparcamiento y las aceras; todas estas mediciones están en la primera parte de la calle. Luego se pasó a medir las aceras de la Calle Buenos Aires, las alcantarillas, las rejillas, las tomas de agua y el nombre de la calle. Después se midieron las aceras, áreas de aparcamiento, alcantarillas, rejillas, tomas de agua, árboles, nombre de las calles, papeleras, señales verticales y señales horizontales de la parte de la Calle de Buenos Aires que faltaba. En la Calle de Ciudad de Colombia se miden alcantarillas, tomas de agua, rejillas y nombres de calle.

El segundo día se continúa con la medición de la Calle Caracas de las alcantarillas, farolas, árboles, boca de incendio, carteles de nombre de la calle, papeleras, contenedores, rejillas de agua, señales verticales y horizontales, toma de agua, toma de luz, acera y parquin. En las calles de Buenos Aires y Ciudad de Colombia se miden las alcantarillas, rejillas, tomas de agua, señales verticales, nombre de las calles y farolas.

El tercer día empieza con la calle Brasilia, se mide los contenedores, boca de incendio, árboles, señales verticales y horizontales, alcantarillas, farolas, papeleras, rejillas, tomas de luz, tomas de agua, acera y parquin. Continúa con la medición de los elementos que faltan de la calle de Buenos Aires. A continuación se realiza la medición de la segunda parte de la calle Ciudad de Colombia, en la que se mide farolas, carteles del nombre de la calle, señales, registros de agua, alcantarillas y rejillas. Para finalizar el día se miden las farolas de la parte inicial de la calle de Buenos Aires, ya que el primer día no se realizó la medición.

El cuarto día empieza con la medición de la calle del Bodonal de las farolas, arboles, alcantarillas, rejillas, tomas de agua, tomas de luz, papeleras, bancos, nombre de la calle, señales verticales y horizontales, aceras y parquin; así como finalizar de medir la calle de Brasilia y la calle de Caracas.

El tiempo empleado aproximadamente para medir fue de dos horas el lunes, tres horas el martes, tres horas el miércoles y tres horas el jueves.



Carretera M-618 Colmenar-Hoyo de Manzanares

El quinto día se procede a medir los elementos correspondientes a la carretera M-618 ([Tabla 5.5](#)). Para ello lo primero a realizar es la creación del código que se tiene que utilizar para la medición. El código está basado en los elementos físicos de la carretera, estos son:

Elemento	Tipo
Señales Verticales	Animales Domésticos
	Animales en Libertad
	Estrechamiento de Calzada
	Hito kilométrico
	Intervalo Aconsejado
	Prioridad Sent. Contrario
	Prioridad Respecto Sent. Contrario
	Panel Direccional
	Vel. Máxima

Elemento
Eje de Carretera
Quitamiedos Bloque
Quitamiedos Punto

Tablas 5.5. Elementos levantados en el tramo de Carretera M-618 con el GRS-1

Una vez creado el código se decide que las barreras laterales de bloques rectangulares de hormigón sean elementos de tipo punto dando los extremos del bloque. De ésta manera es más rápido grabar los elementos dada la imposibilidad del aparato a introducir un código rápido de línea. Las barreras laterales de bloques rectangulares y las balizas cónicas de hormigón se guardan en el aparato como código rápido para así avanzar más rápido. Se comienza a medir aproximadamente en la mitad del tramo de la carretera ([Fig. 5.6](#)), y se avanza en dirección colmenar viejo.



Fig. 5.6. Inicialización del levantamiento del tramo de carretera M-618

En el sentido de ida a Colmenar Viejo se graba las barreras laterales de bloques rectangulares de hormigón, las balizas cónicas de hormigón y las señales verticales que hay hasta el punto donde empieza el tramo elegido de la carretera. Una vez terminado de grabar los elementos físicos de la primera parte de la carretera se procede a grabar el eje de la carretera desde el comienzo del tramo hasta el final del mismo llegando a medir aproximadamente 1800 metros. Para medir el eje se utiliza el código línea del aparato y se van dando punto a punto, en los tramos curvos se da un punto al principio, en el centro de la curvatura y al final de la curva; y en los tramos rectos se graban los puntos al principio de la recta y al final, en algún caso si la recta era muy larga se daba un punto intermedio. Una vez grabado el eje de la carretera se ha de volver al punto de partida, en este trayecto se graban los quitamiedos bloque, los quitamiedos punto y las señales verticales que faltan por grabar.

El tiempo invertido en grabar la carretera es de dos horas y cuarto aproximadamente.



Parque Central de Tres Cantos

El sexto día se realiza la medición del Parque Central. El código será el siguiente (*Tablas 5.7*):

Elemento	Atributo	Tipo de Dato	Elemento	Tipo de Dato
Árboles	Falsa Acacia	Punto	Jardín	Área
	Árbol del Amor	Punto	Cantueso	Área
	Chopo	Punto	Romero	Área
	Encina	Punto	Sabina	Área
	Madroño	Punto	Cotoneaster	Área
	Morera	Punto	Photinia x fraseri	Área
	Olmo	Punto	Área verde	Área
	Pino	Punto	Alcantarilla	Punto
	Sauce	Punto	Banco	Punto
			Boca de Incendio	Punto
			Carril Bici	Línea
			Farola	Punto
			Fuente	Punto
			Papelera	Punto
			Rejilla	Punto
			Rejilla Línea	Línea
			Surco	Punto
			Telefonía	Punto
			Toma de Luz	Punto
			Boca de Riego	Punto

Tablas 5.7. Elementos levantados en el Parque Central con el GRS-1



Fig. 5.8. Resultado final de las diferentes superficies del Parque Central

La zona del parque a medir está compuesta por siete jardines ([Fig. 5.8](#)). El sexto día se realiza la medición del primer jardín, que está dividido en varias áreas. Estas áreas están divididas en función del tipo de planta que componga dicho área. La primera área en medir es *área verde*, la segunda área es *fotinia fraseri*, la tercera área es la *sabina*, la cuarta área es *cotoneaster*, la quinta área es *romero*, la sexta área es *cantueso* y la séptima área es el *césped*. Una vez se han medido las áreas se miden los árboles del jardín, el cual está compuesto por *pinos*, *encinas*, *madroños*, *falsas acacias*, *sauces*, *moreras*, *olmos* y *chopos*. Después se mide el carril-bici, la papelería, las alcantarillas, las fuentes, las farolas, la boca de incendios, el registro telefónico, las columnas, los registros de luz y las tomas de riego.

En la zona próxima a la Torre del Agua se registran pérdidas de precisión a la hora de grabar los datos, ya que el receptor GRS-1 pierde precisión por los campos electromagnéticos generados por los repetidores de teléfono que hay situados en la torre.

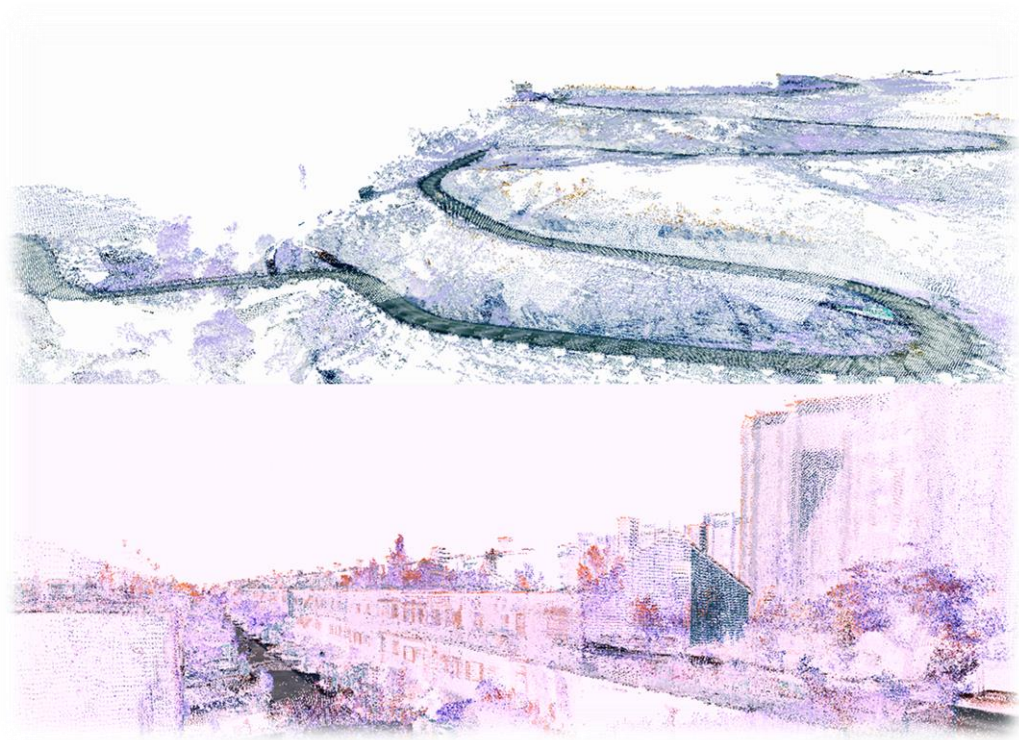
El séptimo día se graban cinco jardines más del parque, todos compuestos por césped; y en un jardín tiene tres pequeñas áreas de plantas, siendo dos de ellas de *madreselva* y el otro área de *romero*. Una vez grabado los jardines se graban los árboles, compuesto por *falsas acacias*, *árboles del amor*, *chopos*, *encinas*, *madroños*, *moreras*, *olmos*, *pinos* y *sauces*. Después de los árboles se miden las farolas, fuentes, alcantarillas, registros de luz, bocas de riego, rejas, rejillas, papeleras, bancos y los surcos de evacuación del agua.



Comparativa con técnicas GNNS y Mobile Mapping de un inventario de elementos físicos y geométricos



El octavo día se realiza la grabación del último jardín, el cual está compuesto en su mayor parte de un área de césped, pero tiene tres áreas más, estas son: un área de *cotoneaster*, otra área de *sabina* y una última área de *romero*. Una vez grabados los jardines se graban los árboles, *falsas acacias*, *árboles del amor*, *chopos*, *encinas*, *madroños*, *moreras* y *pinos*. Con los árboles grabados se graban las farolas, fuentes, bancos, papeleras, alcantarillas, rejas, rejillas, registros de luz, tomas de riego, registro telefónico, los surcos de evacuación de agua y el carril-bici.



6. Trabajo de gabinete



6. Trabajo de gabinete

6.1 IP-S2

Tres Cantos

Para realizar el trabajo de gabinete primero hay que procesar los datos, una vez procesados se han de cargar en el software *Orbit MM Asset Inventory* de OrbitGis [12]. El Software *Orbit MM Asset Inventory* es una herramienta muy potente utilizada para la realización de inventarios que combina la integración de imágenes, la nube de puntos y la explotación 3D. Gracias a esto es capaz de capturar áreas, líneas y puntos; así como calcular volúmenes y distancias. El software cedido por Topcon para este Proyecto es de licencia académica, expirando la licencia cada mes.

El software al ser de licencia académica tiene una serie de limitaciones, como sólo poder grabar 100 objetos en un mismo tema, o tener una marca de agua.

Antes de empezar a digitalizar se debe cargar una *run* que es un fichero que al abrirlo el programa carga la nube de puntos y las imágenes capturadas por el coche. Con la *run* cargada se comienza a crear los temas del inventario, siendo un *tema* un elemento del entorno que se quiere capturar, cada tema podrá descomponerse en *atributos*, siendo los atributos las características que pueden componer cada elemento. Cada tema se puede personalizar con iconos pudiendo ser: los iconos por defecto que genera el programa; o iconos creados mediante imágenes. Los temas (*Tablas 6.1*) grabados en Tres Cantos son:

Elemento	Tema	Atributo	Tipo de Dato
Contenedor	Contenedor	Papel	Punto
		Envase	Punto
		Orgánico	Punto
		Vidrio	Punto

Elemento	Tema	Atributo	Tipo de Dato
Farola	Farolas	Corta	Punto
		Larga	Punto
		Mixta	Punto



Comparativa con técnicas GNSS y Mobile Mapping de un inventario de elementos físicos y geométricos



Elemento	Tema	Tipo de Dato
Acera	Acera	Área
Alcantarilla	Alcantarillas_Man1	Punto
Alcantarilla	Alcantarillas_Man2	Punto
Almez	Almez	Punto
Aparcamiento	Aparcamiento	Área
Árbol del Amor	Árbol_del_Amor	Punto
Banco	Banco	Punto
Boca de incendios	Boca Incendios	Punto
Laurel Cerezo	Laurel Cerezo	Punto
Nombre Calle	Nombre Calle	Punto
Papelera	Papeleras	Punto
Plátano de Sombra	Plátano de Sombra	Punto
Rejilla	Rejilla	Punto
Registro de Agua	Tomas de Agua	Punto
Registro de Agua	Tomas Agua B_A	Punto
Registro de Agua	Tomas Agua	Punto
Registro de Luz	C_Colo	Punto
	Tomas Luz	

Elemento	Tema	Atributo	Tipo de Dato
Señales Horizontales	S_Horizontales	Ceda	Área
		Dirección	Área
		Paso de	Área
		Cebra	

Elemento	Tema	Atributo	Tipo de Dato
Señales Verticales	S_Verticales	Apar_Minu	Punto
		Calle_sin_Salida	Punto
		Ceda	Punto
		Dir_Prohi	Punto
		Niños	Punto
		P_Peatones	Punto
		Proh_Estac	Punto
		Sent_Obligatorio	Punto
		V_max	Punto
		Vado	Punto

Tablas 6.1. Elementos levantados en la Zona Urbana con el IP-S2



Comparativa con técnicas GNSS y Mobile Mapping de un inventario de elementos físicos y geométricos



Con el código creado se procede digitalizar los elementos de las calles. El primer elemento en ser digitalizado son las señales verticales, a continuación árbol del amor, plátanos de sombra, laurel-cerezo, almez, farolas, alcantarillas, rejillas, registro de luz, registro de agua, boca de incendio, bancos, contenedores, nombre de calles, señales horizontales, aparcamientos y aceras.

La forma de digitalizar depende del elemento a digitalizar, en los casos en los que es posible se usa la herramienta 3D ([Fig. 6.2](#)), que es la que usa la nube de puntos como elemento principal.

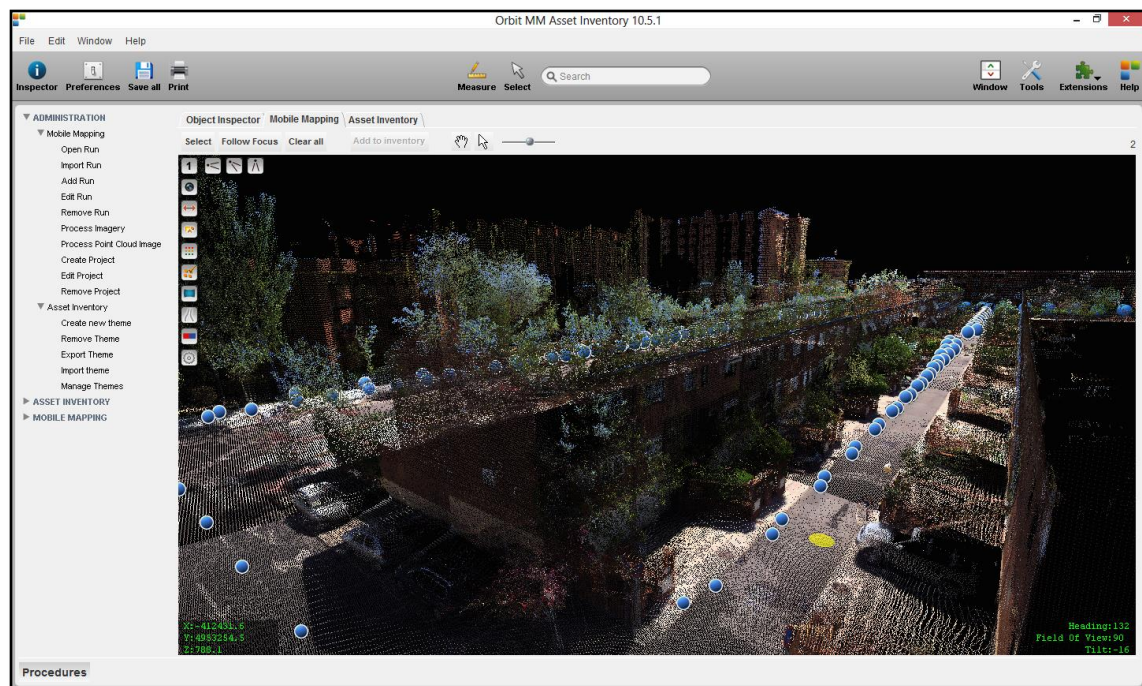


Fig. 6.2. Herramienta 3D activada

Cuando la visibilidad de los elementos es mala, o no todo la buena que se desearía con el tamaño mínimo de los puntos ([Fig. 6.3](#)), se puede aumentar el tamaño del punto ([Fig. 6.4](#)) para así mejorar la nitidez de la imagen y poder mejorar la visibilidad de los objetos como se ve en las siguientes imágenes.



Fig. 6.3. Tamaño mínimo del punto



Fig. 6.4. Tamaño máximo del punto

Para digitalizar hay que seleccionar del menú *PROCEDURES* la pestaña *Asset Inventory* y seleccionar *Add Inventory Simplified* (Fig. 6.5), desplegándose el siguiente menú:

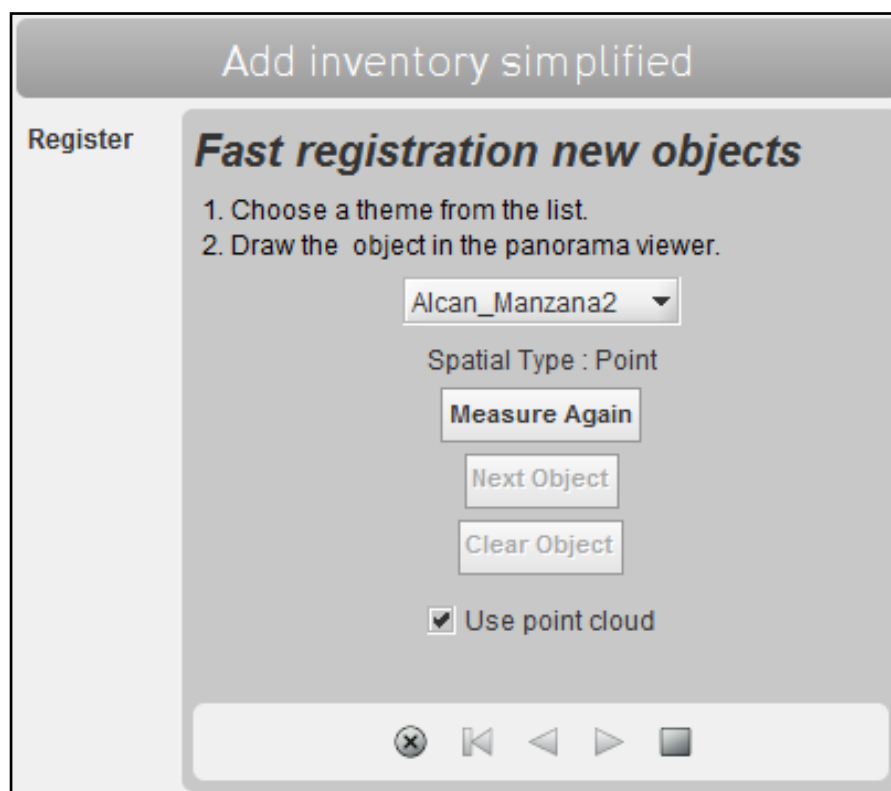


Fig. 6.5. Crear nuevo activo del inventario

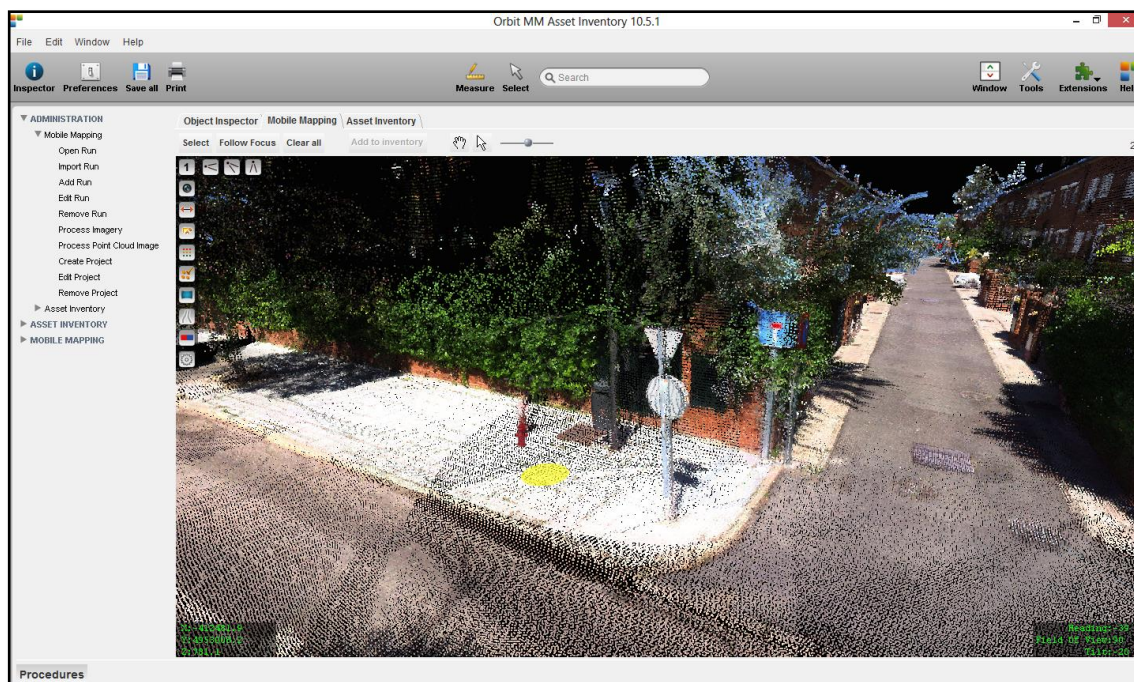


Fig. 6.6. Imagen de la nube de puntos

En la lista desplegable se selecciona el tema y se busca el elemento a digitalizar, encontrado el elemento se hace un click en la base del elemento y a continuación se pulsa el botón *next object* y automáticamente se guarda. Cuando un elemento sea del tipo señal vertical al digitalizarlo se muestra una tabla en el margen derecho de la pantalla en la que aparecen dos columnas, una columna con el nombre *atribute* y otra con el nombre *value* en donde se elige el tipo de señal que es. Una vez guardado el elemento se puede editar, moviéndolo de sitio, borrando lo que se ha grabado o incluso seleccionar una fotografía de la zona donde está.

Si se elige para digitalizar la opción *Add inventory ítem* se tiene la opción de poder añadir un PDF al elemento guardado, además de poder seleccionar la fotografía de la zona. Esta última opción para digitalizar es más lenta. Por lo que lo habitual es utilizar la herramienta *Add inventory simplified*.

Otra manera para digitalizar es usar las fotografías tomadas por el coche y desactivar la nube de puntos, el programa calcula la posición mediante triangulación, es un trabajo más lento, pero hay ocasiones en que los elementos no se ven con claridad en la nube de puntos (**Fig. 6.6**) y con la fotografía se ven mejor.

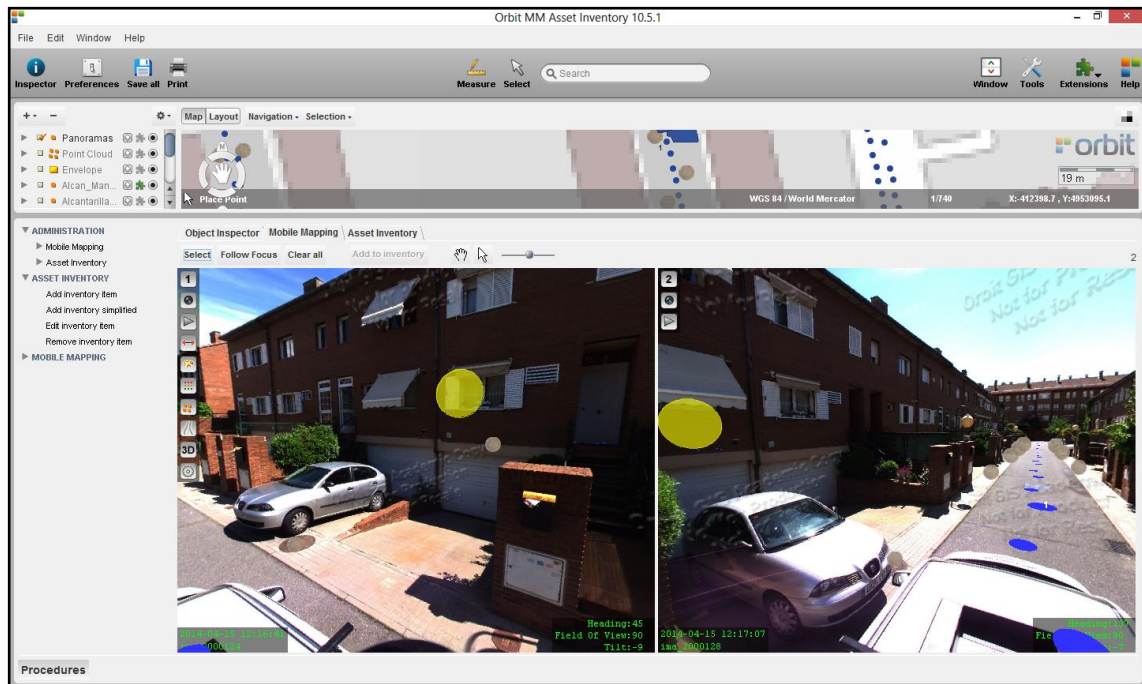


Fig. 6.7. Digitalizar activos por triangulación

Seleccionando el elemento en la imagen la primera imagen y después en la segunda el programa calcula su posición (*Fig. 6.7 y Fig. 6.8*).

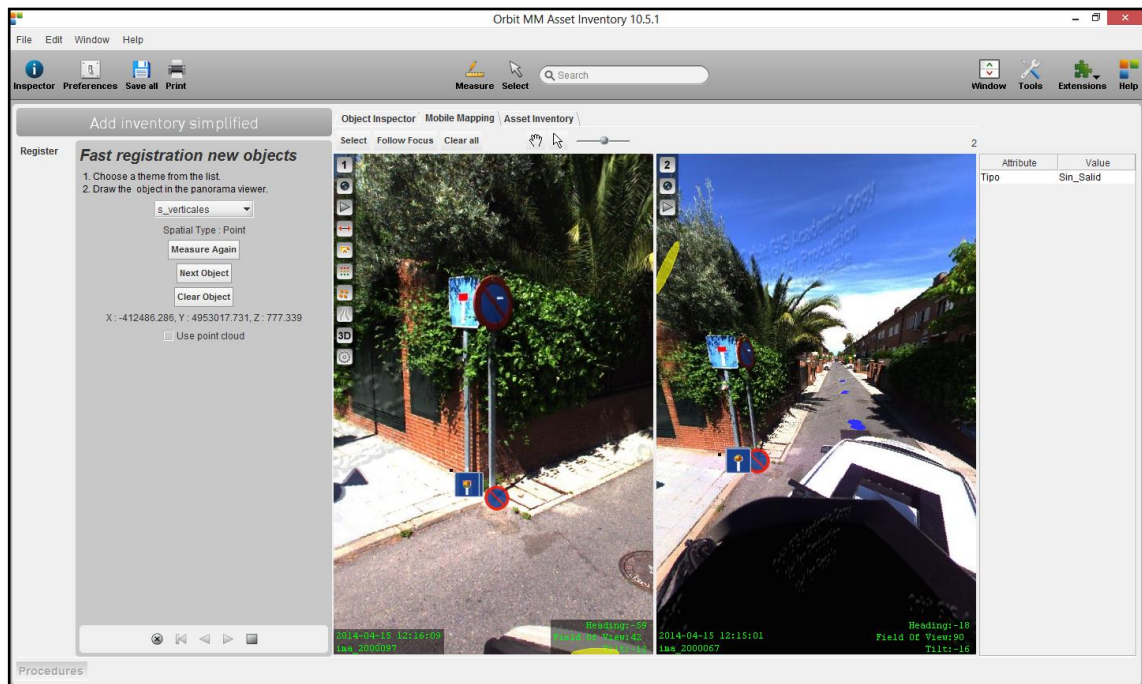


Fig. 6.8. Digitalizar activos por triangulación



También es posible grabar los elementos con una imagen sólo ([Fig. 6.9](#)), en éste caso la imagen utiliza la nube de puntos para calcular las coordenadas.

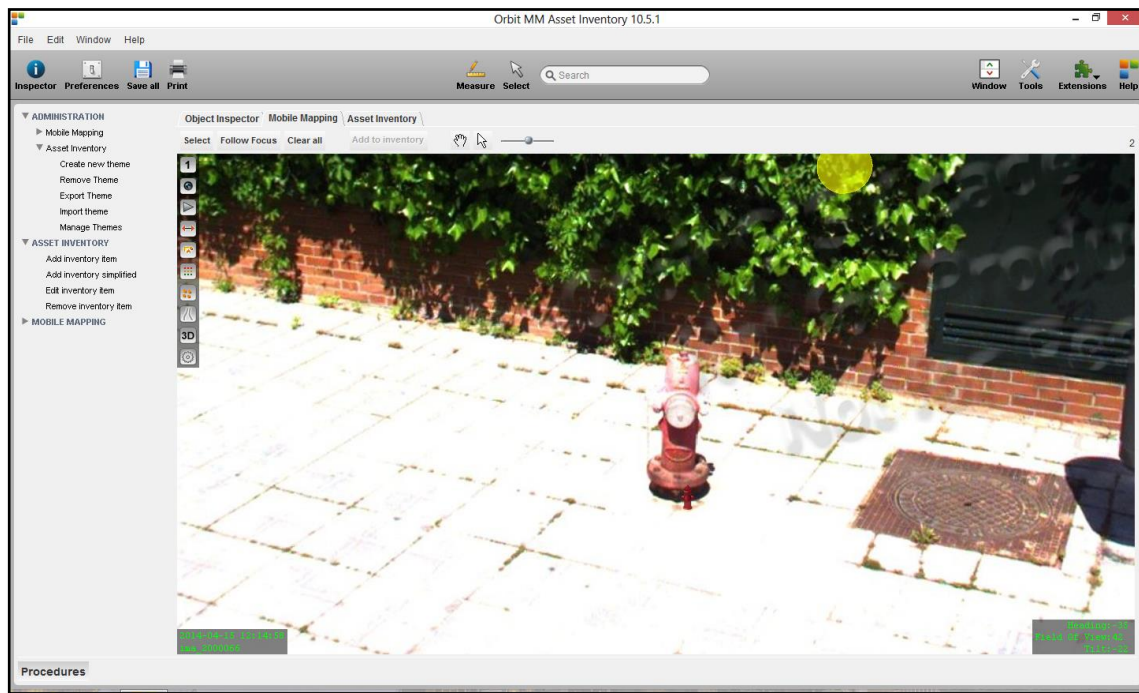


Fig. 6.9. Grabar los activos con una sola imagen

Parque Central

En la digitalización del parque lo primero que hay que hacer la creación del código ([Tabla 6.10](#)), el cual será el que se use para capturar los elementos del parque. Al igual que en las calles de Tres Cantos el código para el parque estará compuesto de *temas* y *atributos*, siendo cada tema un tipo de elemento del parque.

Elemento	Tema	Tipo de Dato
Árbol del Amor	A_Amor Parque	Punto
Banco	Banco_Parque	Punto
Boca de Incendios	Bombeo	Punto
Carril Ciclista	Carril_Bici	Línea
Chopo	Chopo	Punto
Encina	Encina	Punto
Farola	Farola_Parque	Punto



Fuente	Fuente_Parque	Punto
Jardín	Jardín	Área
Madroño	Madroño	Punto
Papelera	Papelera_Parque	Punto
Pino	Pino	Punto
Reja	Reja	Línea
Alcantarilla	Rej_Saneamiento	Punto
Rejilla Saneamiento	Rejilla_Parque	Punto
Surco	Surco	Línea
Registro de Luz	T_Luz	Punto
Boca de Riego	T_Riego	Punto
Registro de Teléfono	Telefonía	Punto
Acacia	Tipo 1	Punto
Sauce	Tipo 2	Punto
Olmo	Tipo 3	Punto
Morera	Tipo 4	Punto

Tabla 6.10. Código de registro de la zona del Parque

Con el código creado, se empieza a digitalizar los elementos del parque. Para digitalizar se utiliza la herramienta 3D, con la que se desactivan las imágenes y solo es posible el visionado de la nube de puntos ([Fig. 6.11](#)), viendo los elementos en 3D y siendo así más fácil el digitalizar. Para digitalizar los jardines hay que situarse sobre el contorno del jardín que se ve en la nube de puntos, y se van dando puntos a lo largo del contorno del jardín hasta que quede completamente dibujado el jardín ([Fig. 6.11](#)). Respecto a los árboles se procede igual que con las señales verticales, cuando se selecciona la base de un árbol aparece una tabla en el margen derecho de la pantalla, y en el campo *value* se selecciona el tipo de árbol que es y se guarda. Con el resto de activos de tipo punto como no tienen atributo se selecciona que tipo de activo es y se guarda. Con los activos que son de tipo línea como el carril bici hay que situarse encima del carril y se van dando puntos para dibujar el carril bici. El lugar elegido para dar los puntos del carril es el centro del mismo. Los puntos se van dando cada poco espacio en las curvas y en las rectas se dan al principio, en el medio y al final del tramo.



Comparativa con técnicas GNSS y Mobile Mapping de un inventario de elementos físicos y geométricos

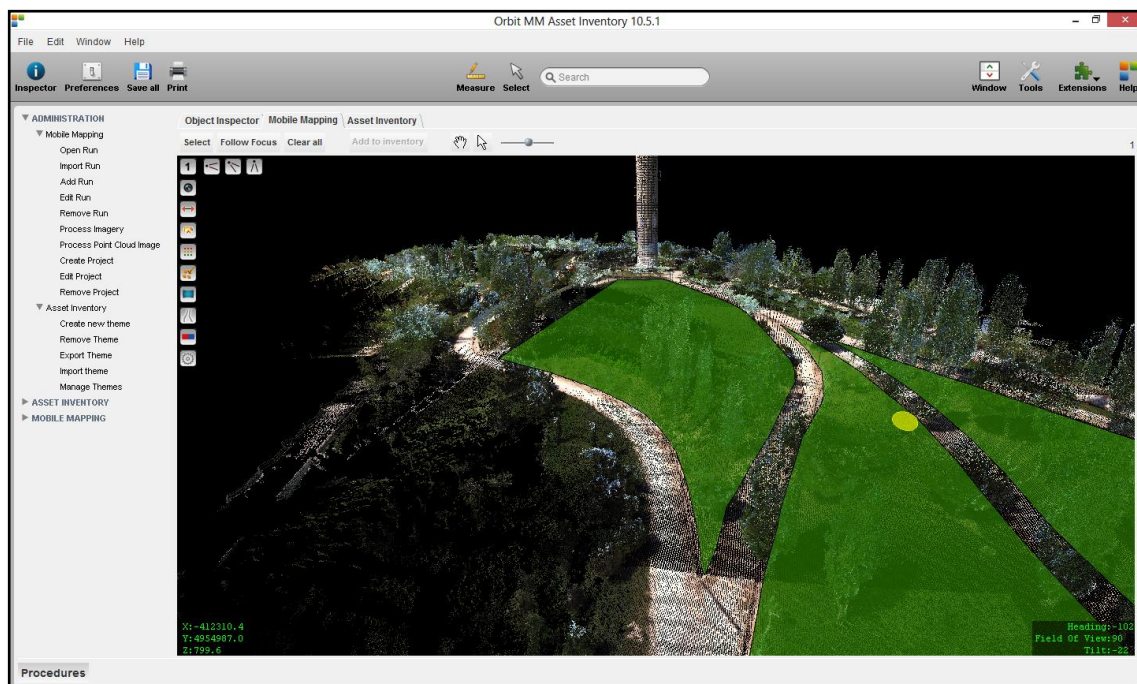


Fig. 6.11. Digitalizar en la nube de puntos

Carretera M-618

Para digitalizar la carretera M-618 se procede del mismo modo que en los casos anteriores. Se empieza por la creación de un código (*Tabla 6.12*) que contenga los elementos que se deben capturar de la carretera. Este código está formado de *temas* y *atributos*, los *temas* son los elementos que forman la carretera.

Elemento	Tema	Atributo	Tipo de Dato
Eje de Carretera	Carretera_Hoyo		Línea
Barrera Lateral bloque	Barrera Lateral bloque		Línea
Baliza cónica	Baliza cónica		Punto
Señales Verticales	Señ_Verticales	Hito	Punto
		A_Libertad	Punto
		V_Max	Punto
		A_Domesticos	Punto
		Inter_Aconsejado	Punto
		Estrechamiento	Punto
		Sent_Contrario	Punto
		Resp_Contrario	Punto
		P_Direccional	Punto

Tabla 6.12. Código de registro de la zona de la carretera

Con el código creado se puede empezar a digitalizar los elementos que componen la carretera. Para digitalizar se utiliza la herramienta 3D con la que se desactivan las imágenes y se hace visible la nube de puntos (**Fig. 6.13**), utilizando ésta herramienta el proceso de digitalizar es mucho más rápido que si se utilizara únicamente las fotos. Para digitalizar el eje de la carretera al ser de tipo línea se van dando puntos sobre el eje de la misma que se ve dibujado en la nube de puntos, dando puntos cada poco espacio en los tramos curvos y en los tramos rectos al principio, en el medio y en el final del tramo. Las barreras laterales de tipo bloque se digitaliza como tipo línea y se graba la cara de la barrera que está más próxima a la carretera. Con la barrera lateral de tipo cónica se graba dando un punto en la base de la barrera y en la cara más próxima a la carretera. En las señales verticales se digitaliza igual que en el caso de Tres Cantos.

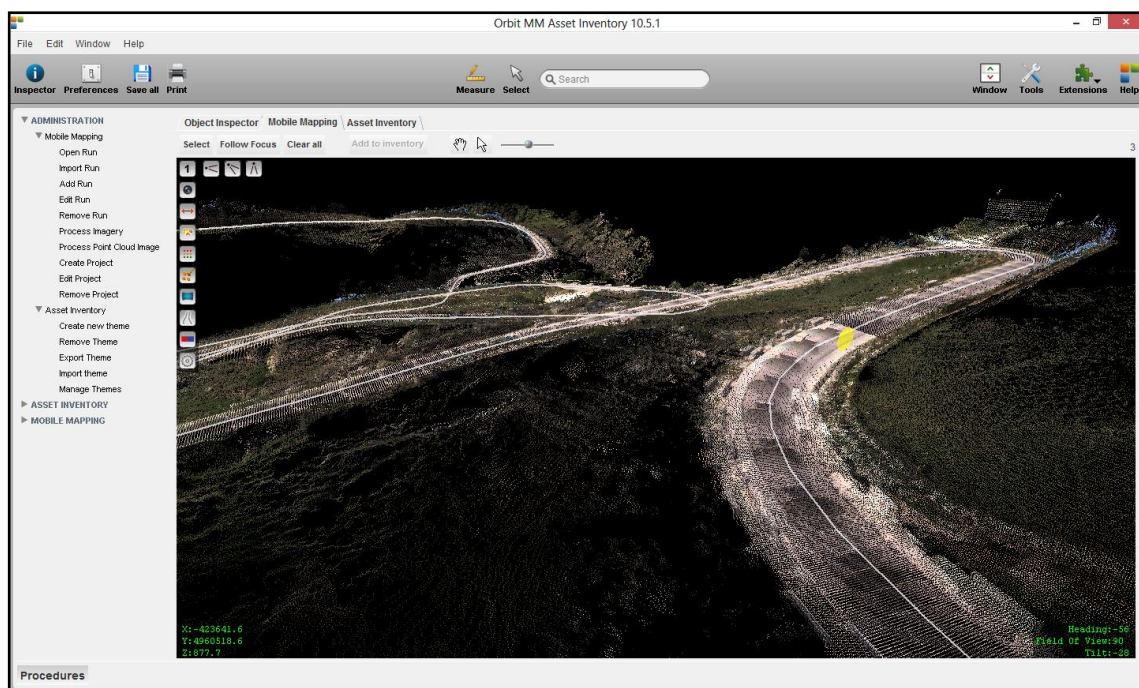


Fig. 6.13. Imagen de la nube de puntos sin limpiar

6.2 GRS-1

Para realizar el trabajo de gabinete y la Base de Datos de los activos levantados con el instrumento GRS-1 se decidió optar por utilizar el software ArcGIS [13] por su gran potencial, sencillez y facilidad para digitalizar todos los trabajos expuestos a continuación. También se crean unas fichas de los árboles y plantas [14] que se encuentran en el inventario y de los activos que hay. En las fichas se hace una pequeña descripción de los activos [10]. El posicionamiento fue relativo de código con una antena mono frecuencia conectándonos mediante el modem interno del instrumento a la estación de Tres cantos



Comparativa con técnicas GNSS y Mobile Mapping de un inventario de elementos físicos y geométricos



de Topcon, perteneciente a la red GNSS de estaciones físicas de Madrid, por el protocolo NTRIP (Networked Transport of RTCM via Internet Protocol) de transmisión de los datos DGPS.

Tres Cantos: Zona urbana

El trabajo de campo se digitalizan todos los activos de mayor importancia que se pueden observar en el sector de estudio de Tres Cantos. Así se podrá realizar un seguimiento rápido y sencillo del estado de los activos y una futura rehabilitación o sustitución de los deteriorados. Todos estos activos ([Fig. 6.14](#)) están relacionados con la calle en la cual están situados para una consulta rápida con cualquier software capacitado para ello.

Tabla							
Señales Verticales							
FID	Shape *	OBJNAME	Tipo	X	Y	Calle	Clase
48	Punto ZM	s.vert_1	Entrada_Prohibida	440424,251623	4494233,43928	Bodonal	Prohibición
49	Punto ZM	s.vert_2	Situación_de_un_Paso_para_Peaton	440420,293233	4494270,37716	Bodonal	Indicación
50	Punto ZM	s.vert_3	Situación_de_un_Paso_para_Peaton	440395,347764	4494390,61401	Bodonal	Indicación
53	Punto ZM	s.vert_4	Situación_de_un_Paso_para_Peaton	440359,431858	4494555,60261	Bodonal	Indicación
78	Punto ZM	s.vert_5	Situación_de_un_Paso_para_Peaton	440378,539031	4494486,40093	Bodonal	Indicación
86	Punto ZM	s.vert_6	Minusvalido	440417,470334	4494269,09371	Bodonal	Indicación
87	Punto ZM	s.vert_7	Minusvalido	440403,076972	4494342,54219	Bodonal	Indicación
88	Punto ZM	s.vert_8	Minusvalido	440401,80697	4494346,77553	Bodonal	Indicación
89	Punto ZM	s.vert_9	Minusvalido	440394,398621	4494379,58393	Bodonal	Indicación
90	Punto ZM	s.vert_10	Minusvalido	440390,376947	4494404,56065	Bodonal	Indicación
91	Punto ZM	s.vert_11	Minusvalido	440374,290248	4494485,20581	Bodonal	Indicación
27	Punto ZM	s.vert_12	Ceda_el_Paso	440255,157588	4494538,06301	Brasilia	Prioridad
28	Punto ZM	s.vert_13	Estacionamiento_Prohibido_en_Vado	440282,039968	4494541,17821	Brasilia	Prohibición
32	Punto ZM	s.vert_14	Ceda_el_Paso	440326,881944	4494552,20103	Brasilia	Prioridad
54	Punto ZM	s.vert_15	Entrada_Prohibida	440355,080925	4494559,53262	Brasilia	Prohibición
55	Punto ZM	s.vert_16	Situación_de_un_Paso_para_Peaton	440347,610392	4494558,05575	Brasilia	Indicación
2	Punto ZM	s.vert_17	Preseñalización_de_Calzada_sin_Salida	440311,693617	4494213,80517	Buenos Aires	Indicación
3	Punto ZM	s.vert_18	Estacionamiento_Prohibido	440311,734541	4494215,04776	Buenos Aires	Prohibición
4	Punto ZM	s.vert_19	Preseñalización_de_Calzada_sin_Salida	440280,794772	4494368,89859	Buenos Aires	Indicación
5	Punto ZM	s.vert_20	Estacionamiento_Prohibido	440280,932263	4494368,78107	Buenos Aires	Prohibición
6	Punto ZM	s.vert_21	Preseñalización_de_Calzada_sin_Salida	440285,200073	4494368,00162	Buenos Aires	Indicación
7	Punto ZM	s.vert_22	Estacionamiento_Prohibido	440285,338697	4494368,87011	Buenos Aires	Prohibición
16	Punto ZM	s.vert_23	Preseñalización_de_Calzada_sin_Salida	440284,033627	4494381,909	Buenos Aires	Indicación
17	Punto ZM	s.vert_24	Estacionamiento_Prohibido	440283,903368	4494381,57246	Buenos Aires	Prohibición
19	Punto ZM	s.vert_25	Preseñalización_de_Calzada_sin_Salida	440277,671555	4494380,44572	Buenos Aires	Indicación
20	Punto ZM	s.vert_26	Velocidad_Máxima	440277,611519	4494380,51537	Buenos Aires	Prohibición
21	Punto ZM	s.vert_27	Estacionamiento_Prohibido	440278,115794	4494380,58355	Buenos Aires	Prohibición
22	Punto ZM	s.vert_28	Estacionamiento_Prohibido	440264,153729	4494455,15067	Buenos Aires	Prohibición
23	Punto ZM	s.vert_29	Estacionamiento_Prohibido	440263,093579	4494459,81137	Buenos Aires	Prohibición
24	Punto ZM	s.vert_30	Estacionamiento_Prohibido	440249,846348	4494534,46406	Buenos Aires	Prohibición
25	Punto ZM	s.vert_31	Estacionamiento_Prohibido	440254,797083	4494535,52523	Buenos Aires	Prohibición
26	Punto ZM	s.vert_32	Preseñalización_de_Calzada_sin_Salida	440249,064132	4494535,50284	Buenos Aires	Indicación
60	Punto ZM	s.vert_33	Preseñalización_de_Calzada_sin_Salida	440255,401701	4494536,12947	Buenos Aires	Indicación
61	Punto ZM	s.vert_34	Estacionamiento_Prohibido	440288,604436	4494461,1464	Buenos Aires	Prohibición
62	Punto ZM	s.vert_35	Estacionamiento_Prohibido	440269,398188	4494457,17764	Buenos Aires	Prohibición
63	Punto ZM	s.vert_36	Estacionamiento_Prohibido	440316,957137	4494215,71841	Buenos Aires	Prohibición
64	Punto ZM	s.vert_37	Preseñalización_de_Calzada_sin_Salida	440317,830264	4494215,32153	Buenos Aires	Indicación
65	Punto ZM	s.vert_38	Velocidad_Máxima	440310,765874	4494213,8134	Buenos Aires	Prohibición
66	Punto ZM	s.vert_39	Estacionamiento_Prohibido	440295,935949	4494293,387	Buenos Aires	Prohibición
67	Punto ZM	s.vert_40	Estacionamiento_Prohibido	440296,57095	4494289,25949	Buenos Aires	Prohibición
68	Punto ZM	s.vert_41	Estacionamiento_Prohibido	440301,121793	4494294,55117	Buenos Aires	Prohibición
69	Punto ZM	s.vert_42	Estacionamiento_Prohibido	440301,968461	4494290,63533	Buenos Aires	Prohibición
79	Punto ZM	s.vert_43	Niños	440318,518182	4494215,41414	Buenos Aires	Advertencia_de_Peligro
81	Punto ZM	s.vert_44	Niños	440284,688923	4494381,95196	Buenos Aires	Advertencia_de_Peligro
82	Punto ZM	s.vert_45	Niños	440286,197051	4494369,56943	Buenos Aires	Advertencia_de_Peligro
15	Punto ZM	s.vert_46	Ceda_el_Paso	440365,805294	4494387,29165	Caracas	Prioridad
18	Punto ZM	s.vert_47	Ceda_el_Paso	440278,14614	4494378,25892	Caracas	Prioridad
40	Punto ZM	s.vert_48	Ceda_el_Paso	440358,553704	4494393,97765	Caracas	Prioridad
43	Punto ZM	s.vert_49	Estacionamiento_Prohibido_en_Vado	440331,302722	4494391,76142	Caracas	Prohibición
51	Punto ZM	s.vert_50	Situación_de_un_Paso_para_Peaton	440385,62286	4494391,06098	Caracas	Indicación
52	Punto ZM	s.vert_51	Situación_de_un_Paso_para_Peaton	440391,394668	4494399,5203	Caracas	Indicación
58	Punto ZM	s.vert_52	Estacionamiento_Prohibido_en_Vado	440312,108472	4494375,891	Caracas	Prohibición
59	Punto ZM	s.vert_53	Estacionamiento_Prohibido_en_Vado	440317,836995	4494389,35142	Caracas	Prohibición
74	Punto ZM	s.vert_54	Ceda_el_Paso	440285,511345	4494371,06882	Caracas	Prioridad

Tabla 6.14. Base de Datos de las Señales Verticales en la Zona Urbana

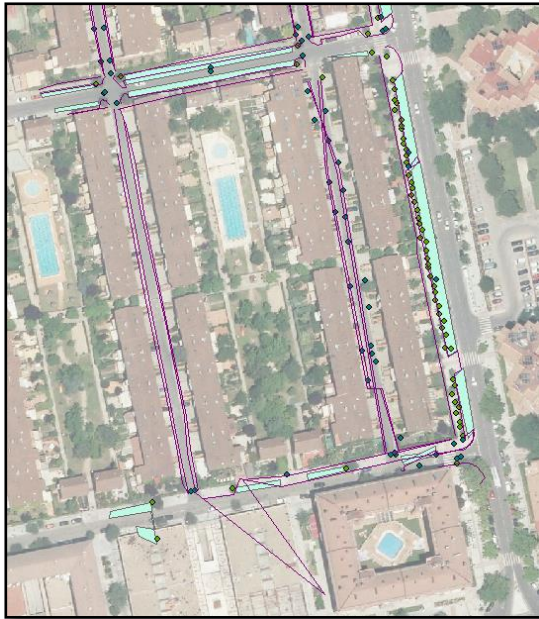


Fig. 6.15. Visualización de los datos

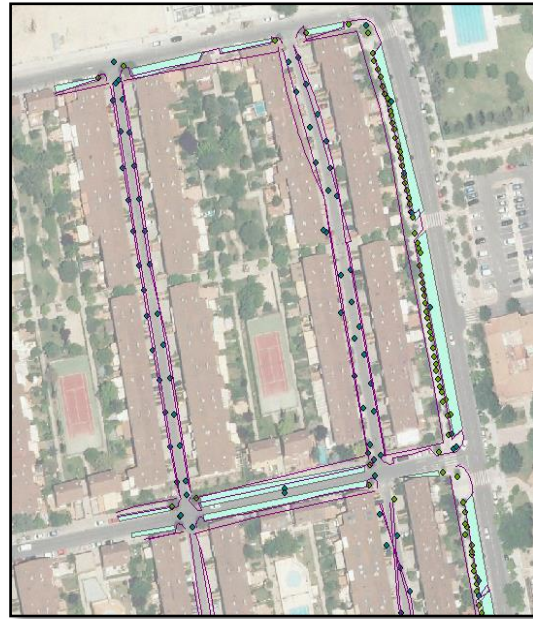


Fig. 6.16. Visualización de los datos brutos

Los datos obtenidos del GRS-1 son exportados a formato *shapefile* para cargarlos en ArcGIS y así se procederá a la digitalización y tratamiento de los datos brutos. Durante la medición en campo se sufrieron varios percances, como insistentes pérdidas de señal del instrumento que agravaban los errores llegando a precisiones demasiado groseras (20-30m en zonas cercanas a los edificios); y a la duración de las dos baterías, unas dos horas y media entre las dos, conseguimos unos datos brutos los cuales se tendrían que procesar en gabinete apoyándonos en la ortofoto del PNOA para una mayor fiabilidad, como se puede observar en las fotos (**Fig. 6.15 y Fig. 6.16**) de los datos iniciales con puntos muy alejados de donde deberían estar. Con la herramienta de edición que posee ArcGIS se selecciona cada activo que esté desplazado de su lugar y se coloca en el lugar aproximado que le corresponde según la ortofoto que se usa como base. Hay ciertos elementos que no se pueden situar en su posición correcta ya que no se aprecian en la ortofoto, estos elementos se dejan donde están. Hay algún activo que no se grabó en campo y hay que dibujarlo en el lugar aproximado que le corresponda.

Se puede observar el antes y después entre las figuras (**Fig. 6.15 y Fig. 6.16**) y la figura (**Fig. 6.17**) la cual esta última ya han sido tratados y colocados los activos en su posición verdadera siempre dependiendo de las precisiones que nos ofrecía el instrumento.

Al ser nuestra primera zona de levantamiento y dada la rapidez de terminar el trabajo en los días establecidos, se puede ver en las imágenes (**Fig. 6.15 y Fig. 6.16**) los errores groseros sobre todo en las aceras, equivocándonos entre acera derecha y acera izquierda como ejemplo más visual.

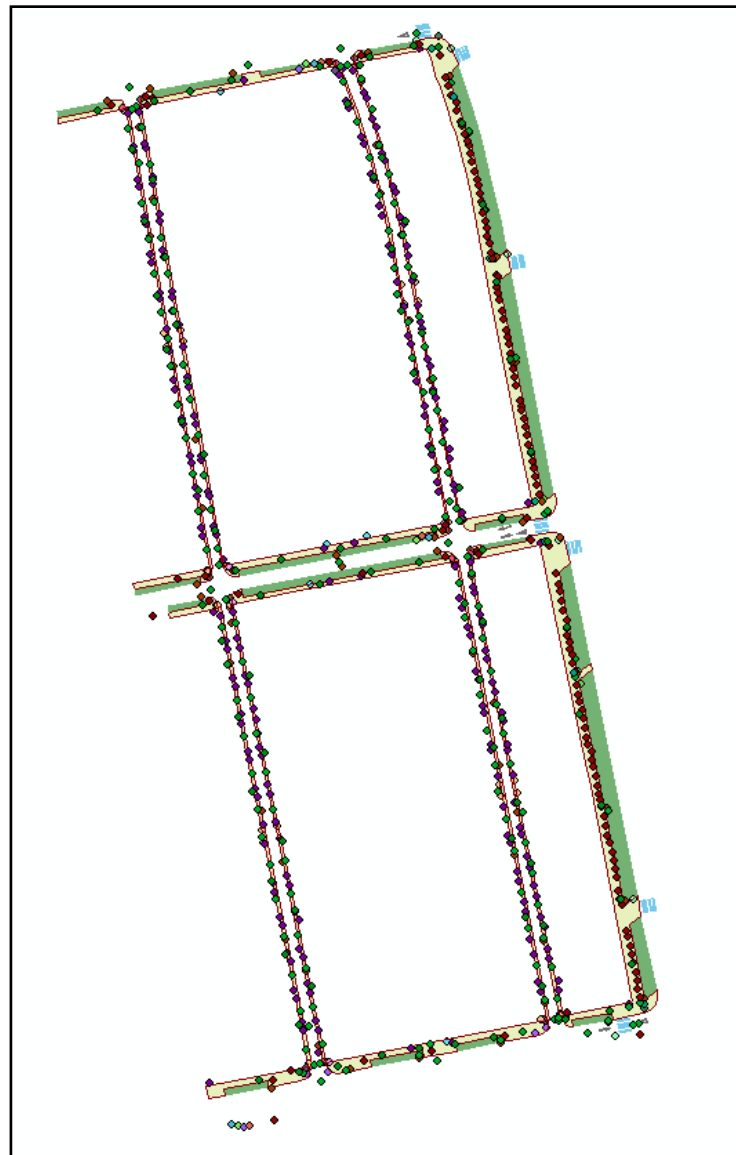


Fig. 6.17. Datos finales procesados

En todas las Tablas de la Base de Datos se han añadido las columnas de geolocalización de cada activo (Coordenadas UTM 30 Norte – Sistema de Referencia ETRS89 (X, Y)) y otra columna con el código del activo. Cada activo tendrá un código específico y único para él (el nombre por defecto de ArcMap es objname), diferenciándolo de todos los demás activos, en nuestro caso se le llamará código activo. También se ha añadido otra columna con el tipo de forma del activo (punto, línea o área) y para terminar en varias tablas, dada su necesidad, se ha añadido otra columna con el atributo clase como podemos ver en la ([Tabla 6.19](#)) ya que según la Dirección General de Tráfico cada tipo de señal (Ceda el Paso, Entrada Prohibida...) se dividen a su vez en clases (Prioridad, Prohibición, Indicación y Advertencia de Peligro).



Se adjunta una tabla resumen de la cantidad de activos que encontramos en la zona de estudio ([Tabla 6.18](#)). Cantidad de Activos de la Zona Urbana de Tres Cantos:

Activos	Cantidad
Puntos de Luz	87
Árboles	119
Señales Verticales	90
Señales Horizontales	22
Hidrantes de Incendio	3
Contenedores Residuos	11
Bancos	2
Cuadro de Luz	5
Papeleras	13
Saneamiento	150
Sumidero	58
Nombre Calle	12
Total	572

Tabla 6.18. Cantidad de Activos de la zona urbana

Una posible ampliación interesante sería añadir el atributo de número de portal, ya que cada calle a su vez se divide en portales y cada portal tendrá asignado un registro de saneamiento, luz, agua... En nuestra zona, las calles eran relativamente pequeñas y no lo consideramos necesarios, pero en el caso de tener calles grandes sería muy aconsejable añadir un número de portal.

Tramo de carretera M-618

Una vez terminada de crear la Base de datos y digitalizados los activos de la zona urbana de Tres Cantos y del Parque Central seguimos con el tramo de carretera M-618, la base de datos será muy parecido a las anteriores, pero relacionando todos los activos situados en la carretera con el eje de está y con su punto kilométrico, ya que se localizaron dos hitos de puntos kilométricos (concretamente el PK-6 y PK-7) en la zona de estudio. Una vez geolocalizados los hitos, con un software específico, en nuestro caso ArcGIS, interpolamos las distancias de todos los activos referidos a los puntos kilométricos con una herramienta propia del programa (medir).

En la siguiente foto ([Tabla 6.19](#)) de ejemplo como la tabla de señales verticales consta de los atributos (tipo, P_K, dist_eje, Y, X y clase) y su código único para cada activo independiente de la tabla en la que se encuentra.

Tabla

Señales_Verticales

FID	Shape *	OBJNAME	tipo	P K	dist eje	X	Y	Clase
4	Punto ZM	s.vert_14	Paso animales libertad	5619,18	3,358	432014,6886	4500005,11892	Advertencia de Peligro
5	Punto ZM	s.vert_17	Velocidad Máxima	5619,18	3,629	432014,779302	4500005,04076	Prohibición
6	Punto ZM	s.vert_7	Intervalo aconsejado de velocidad	5619,18	4,423	432011,613402	4500012,46722	Indicación
3	Punto ZM	s.vert_13	Paso animales domésticos	5717,053	4,07	431924,033689	4499975,77928	Advertencia de Peligro
1	Punto ZM	s.vert_3	Hito Kilométrico en carretera convencional	6000	4,008	431812,245457	4499973,07866	Indicación
2	Punto ZM	s.vert_4	Hito Kilométrico en carretera convencional	6000	3,208	431819,439654	4499973,78208	Indicación
0	Punto ZM	s.vert_12	Paso animales domésticos	6044,251	2,884	431822,12531	4499929,69426	Advertencia de Peligro
16	Punto ZM	s.vert_2	Estrechamiento de calzada	6551,787	4,664	431691,518878	4499910,54864	Advertencia de Peligro
15	Punto ZM	s.vert_9	Intervalo aconsejado de velocidad	6594,399	4,375	431656,937145	4499983,71061	Indicación
14	Punto ZM	s.vert_15	Prioridad en sentido contrario	6603,549	3,302	431666,068703	4499993,0627	Prioridad
13	Punto ZM	s.vert_16	Prioridad respecto al sentido contrario	6693,912	5,682	431602,856017	4500052,07018	Prioridad
12	Punto ZM	s.vert_11	Panel direccional	6700,556	3,563	431611,54697	4500058,99648	Señal de Balizamiento
11	Punto ZM	s.vert_8	Intervalo aconsejado de velocidad	6704,38	4,433	431612,195037	4500063,14276	Indicación
10	Punto ZM	s.vert_10	Panel direccional	6728,148	3,053	431595,110055	4500082,09318	Señal de Balizamiento
9	Punto ZM	s.vert_1	Estrechamiento de calzada	6770,848	4,065	431551,53843	4500082,45004	Advertencia de Peligro
7	Punto ZM	s.vert_5	Hito Kilométrico en carretera convencional	7000	3,011	431542,568454	4499905,70423	Indicación
8	Punto ZM	s.vert_6	Hito Kilométrico en carretera convencional	7000	3,713	431535,766489	4499905,78569	Indicación

Tabla 6.19. DB de las Señales verticales situadas en la carretera

Se adjunta una tabla resumen de la cantidad de activos que encontramos en la Carretera M-618 (**Tabla 6.20**):

Activos	Cantidad
Barrera Lateral cónica	103
Barrera Lateral bloque	221
Señales Verticales	17
Total	341

Tabla 6.20. Cantidad de Activos de la zona de la carretera

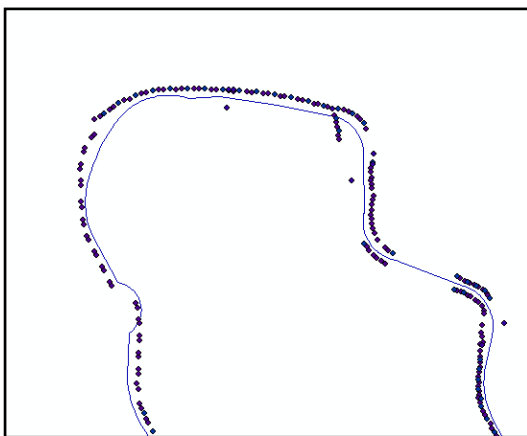


Fig. 6.21. Datos brutos

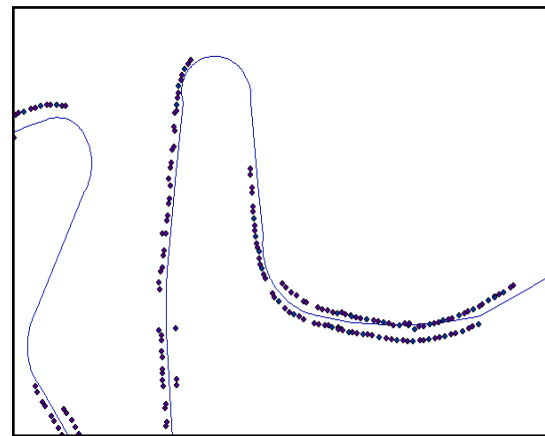


Fig. 6.22. Datos brutos

A la hora de digitalizar los activos, igual que con la zona urbana necesitamos basarnos en las fotos que realizamos con nuestras cámaras fotográficas y en la ortofoto del PNOA. Un ejemplo gráfico de por qué necesitamos apoyarnos en las fotos es la poca suavidad con las que el instrumento ha trazado las curvas ([Fig. 6.21](#) y [Fig. 6.22](#)), haciendo cerramientos extraños en algunas zonas. También el traslado de los activos superponiéndose los quitamiedos al eje de la carretera. La precisión proporcionada del instrumento en esta zona no ha sido menor a 1m y superando los 5m en alguna zona e intervalo de tiempo determinado. Se tuvo que retocar el eje de carretera suavizando las curvas que realmente no tenían giros tan bruscos ([Fig. 6.23](#)).

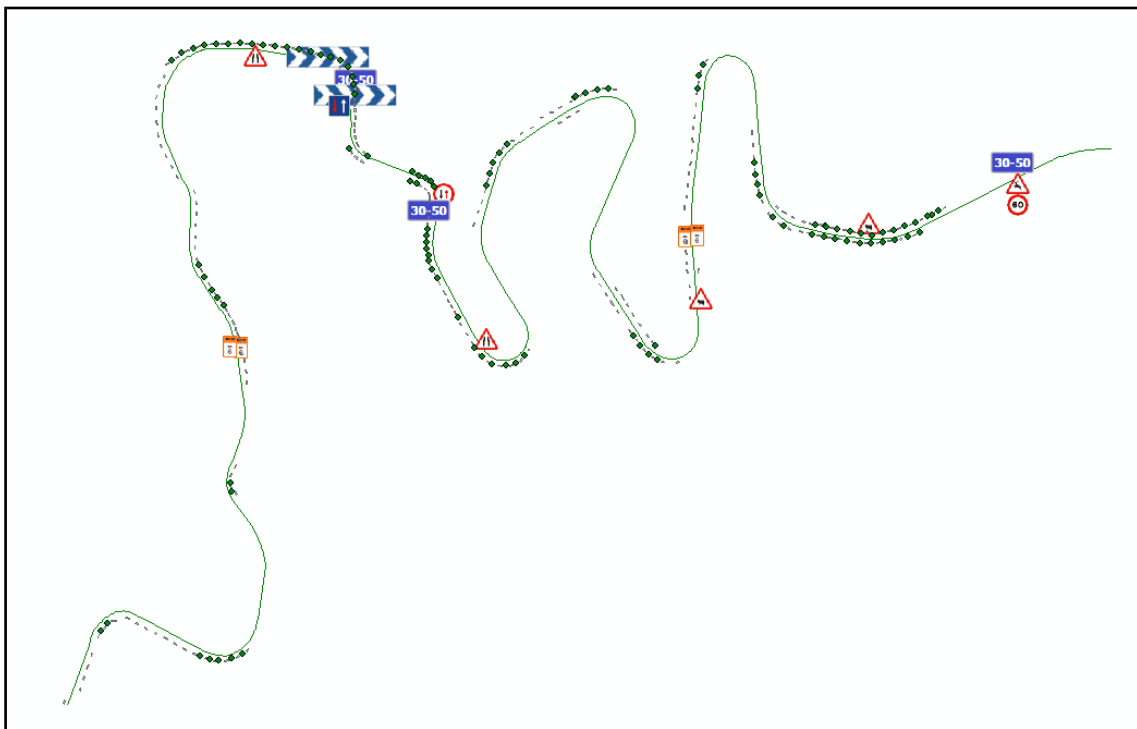


Fig. 6.23. Imagen final limpiada y retocada

Tres Cantos: Parque Central

Para crear la base de datos de los activos del parque ([Tabla 6.27](#)), como con las anteriores zonas de estudio se exportan los archivos de todos los activos con sus consiguientes atributos en formato shapefile para que el software que estamos utilizando pueda leer y trabajar con ellos. En este caso los activos no están referidos a un elemento en particular, ya que no podemos relacionarlos con ninguna calle o punto kilométrico como anteriormente y se geolocalizarán con sus coordenadas X, Y, con su área en el caso de zonas de arbustos, y longitud de líneas en el caso del carril bici, rigolas (canal para conducir el agua) y rejillas de desagüe que hay en la zona de estudio.



Se adjunta una tabla resumen de la cantidad de activos que encontramos en la zona de estudio ([Tabla 6.24](#)):

Activos	Cantidad
Árboles	500
Puntos de Luz	45
Registro de Saneamiento	14
Hidrante de Incendio	1
Fuentes	5
Bancos	2
Papeleras	4
Registro Telefónico	12
Registro de Luz	14
Rigola	7
Total	604

Tabla 6.24. Cantidad de activos de la zona del Parque

Una vez terminamos de exportar los datos, empezamos con la digitalización de todos los activos y, como anteriormente, basándonos en nuestras fotos y en la ortofoto del PNOA (con un tamaño de pixel de 0.25m) colocamos los posibles fallos de localización de los activos y de las diferentes zonas verdes que hayan sido trasladadas considerablemente debido a las pérdidas de señal por los árboles que hay.

Como se puede observar en la fotografía de los datos brutos ([Fig. 6.26](#)), se necesitó suavizar algún tramo de jardín en concreto o algún tramo del carril bici, pero la mayoría de los datos brutos no se tuvieron que retocar prácticamente nada en comparación con la zona urbana, ya que en el caso del parque apenas se podía apreciar con la ortofoto donde estaban los activos y se dejaron como estaban.

Tabla					
Arboles					
FID	Shape *	OBJNAME	tipo	Coord X	Coord Y
0	Punto ZM	arbol_1	Madroño	440159,074293	4495599,49998
1	Punto ZM	arbol_2	Falsa_Acacia	440160,620475	4495602,76647
2	Punto ZM	arbol_3	Falsa_Acacia	440165,525757	4495606,10809
3	Punto ZM	arbol_4	Falsa_Acacia	440170,409495	4495610,11406
4	Punto ZM	arbol_5	Falsa_Acacia	440175,422176	4495614,36823
5	Punto ZM	arbol_6	Falsa_Acacia	440179,58899	4495617,01423
6	Punto ZM	arbol_7	Falsa_Acacia	440184,646096	4495621,4073
7	Punto ZM	arbol_8	Falsa_Acacia	440189,874668	4495624,65284
8	Punto ZM	arbol_9	Falsa_Acacia	440194,684731	4495628,7694
9	Punto ZM	arbol_10	Falsa_Acacia	440199,278795	4495632,21638
10	Punto ZM	arbol_11	Falsa_Acacia	440203,657554	4495635,37345
11	Punto ZM	arbol_12	Falsa_Acacia	440209,028497	4495638,5543
12	Punto ZM	arbol_13	Falsa_Acacia	440213,605974	4495641,44157
13	Punto ZM	arbol_14	Falsa_Acacia	440218,61528	4495644,1652
14	Punto ZM	arbol_15	Falsa_Acacia	440223,588266	4495647,02503
15	Punto ZM	arbol_16	Falsa_Acacia	440229,199127	4495649,48863
16	Punto ZM	arbol_17	Falsa_Acacia	440234,402597	4495651,40982
17	Punto ZM	arbol_18	Madroño	440236,571917	4495651,4252
18	Punto ZM	arbol_19	Falsa_Acacia	440240,73792	4495652,56389
19	Punto ZM	arbol_20	Falsa_Acacia	440247,018613	4495653,38748
20	Punto ZM	arbol_21	Falsa_Acacia	440254,009086	4495653,35867
21	Punto ZM	arbol_22	Falsa_Acacia	440261,219418	4495654,05229
22	Punto ZM	arbol_23	Pino	440263,248022	4495650,43697
23	Punto ZM	arbol_24	Pino	440274,033416	4495646,32227
24	Punto ZM	arbol_25	Pino	440262,704044	4495644,21376
25	Punto ZM	arbol_26	Encina	440262,639668	4495645,11583
26	Punto ZM	arbol_27	Pino	440263,458459	4495642,47371
27	Punto ZM	arbol_28	Pino	440268,730908	4495640,45602
28	Punto ZM	arbol_29	Pino	440262,865461	4495641,33099
29	Punto ZM	arbol_30	Encina	440267,982676	4495642,54732
30	Punto ZM	arbol_31	Pino	440261,094881	4495644,20283
31	Punto ZM	arbol_32	Pino	440256,030817	4495641,30397
32	Punto ZM	arbol_33	Encina	440257,857679	4495640,69405
33	Punto ZM	arbol_34	Pino	440253,63789	4495643,2107
34	Punto ZM	arbol_35	Encina	440251,003458	4495643,46674
35	Punto ZM	arbol_36	Encina	440251,096089	4495642,01825
36	Punto ZM	arbol_37	Encina	440252,086907	4495645,60853
37	Punto ZM	arbol_38	Pino	440249,004599	4495650,4422
38	Punto ZM	arbol_39	Pino	440244,80738	4495648,86522
39	Punto ZM	arbol_40	Encina	440246,652994	4495640,62874

Tabla 6.25. Tabla de árboles de la zona del Parque

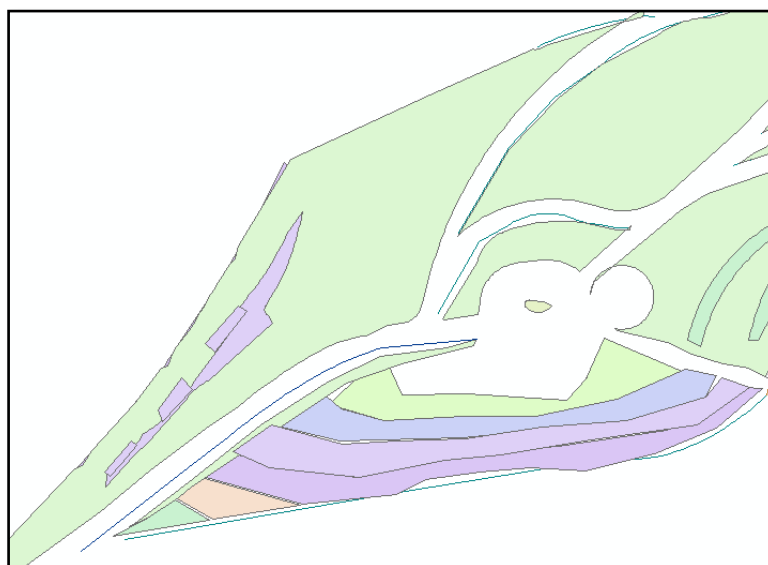


Fig. 6.26. Datos exportados sin retocar de la zona del Parque

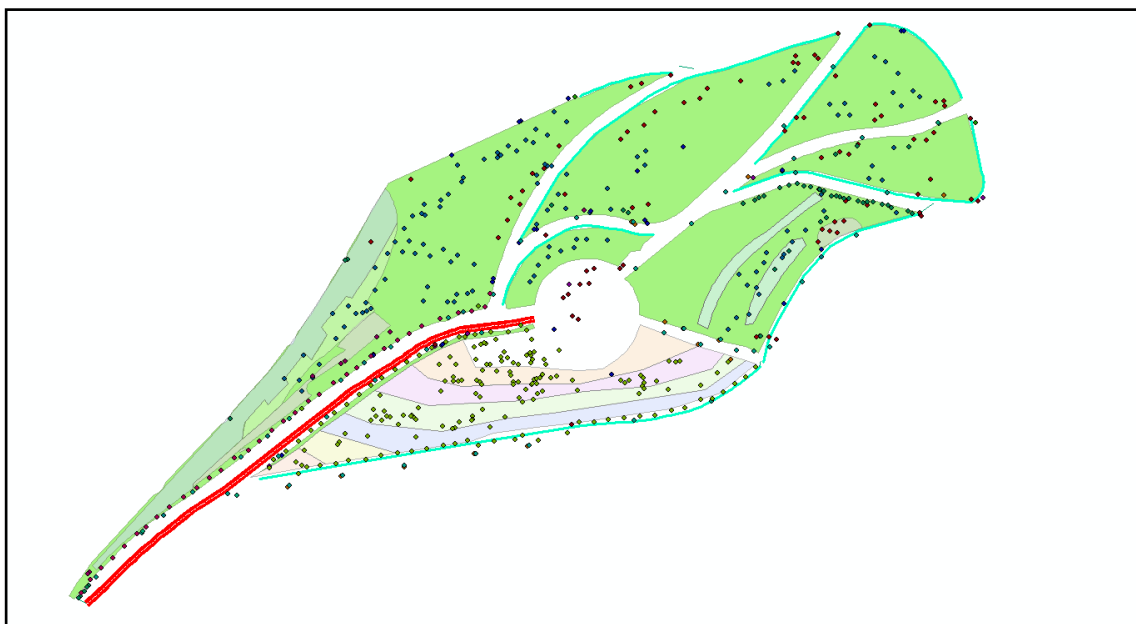


Fig. 6.27. Datos exportados sin retocar de la zona del Parque

Como posibles ampliaciones interesantes se planteó en principio añadir las columnas de fecha en la cual se colocó el activo en su sitio y otra columna con el estado del activo (en nuestras zonas, todos los activos tenían un estado adecuado), para un seguimiento aún más preciso de cuánto tiempo puede durar el activo en un estado óptimo, pero al no poder obtener los datos necesarios se hizo imposible poder añadirlo.

Los tipos de datos utilizados para la creación de la DB han sido solo de dos tipos: texto y numérico. Los valores almacenados en el campo de texto solo pueden contener letras, números y un conjunto limitado de caracteres y como máximo 255 caracteres. Los datos de tipo numérico son tipo *doublé* ([Fig. 6.28](#)), o también llamados números de punto flotante de precisión doble, de tamaño 8 bytes. Para los valores de tipo de activo, código del activo, calle y clase de activo se utiliza el dato de tipo texto; y para las coordenadas X e Y se utiliza el tipo de dato *double*. Otro tipo de dato *float* que se puede utilizar son los números de punto flotante de precisión simple que solo necesitan 4 bytes de almacenamiento y para las coordenadas X e Y que se utilizan sería suficiente; así nuestra base de datos no necesitara tanto espacio de almacenamiento.. Como apunte a destacar, se podría haber utilizado el tipo de dato ofrecido por ArcGIS Entero largo para las coordenadas del tramo de Carretera, ya que las presiones del instrumento no bajaban de 1- 1,5m y este tipo de dato al ser entero nos serviría perfectamente, pero al ocupar un espacio de almacenamiento de 4 Bytes como el de coma flotante se aconseja utilizar el tipo flotante por un posible cambio de coordenadas futuro. Se adjunta una tabla con el rango de almacenamiento de cada tipo de dato ([Tabla 6.29](#)).

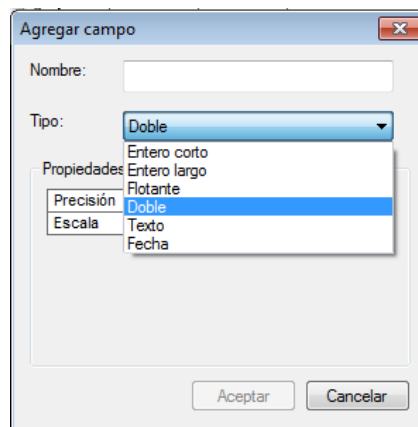
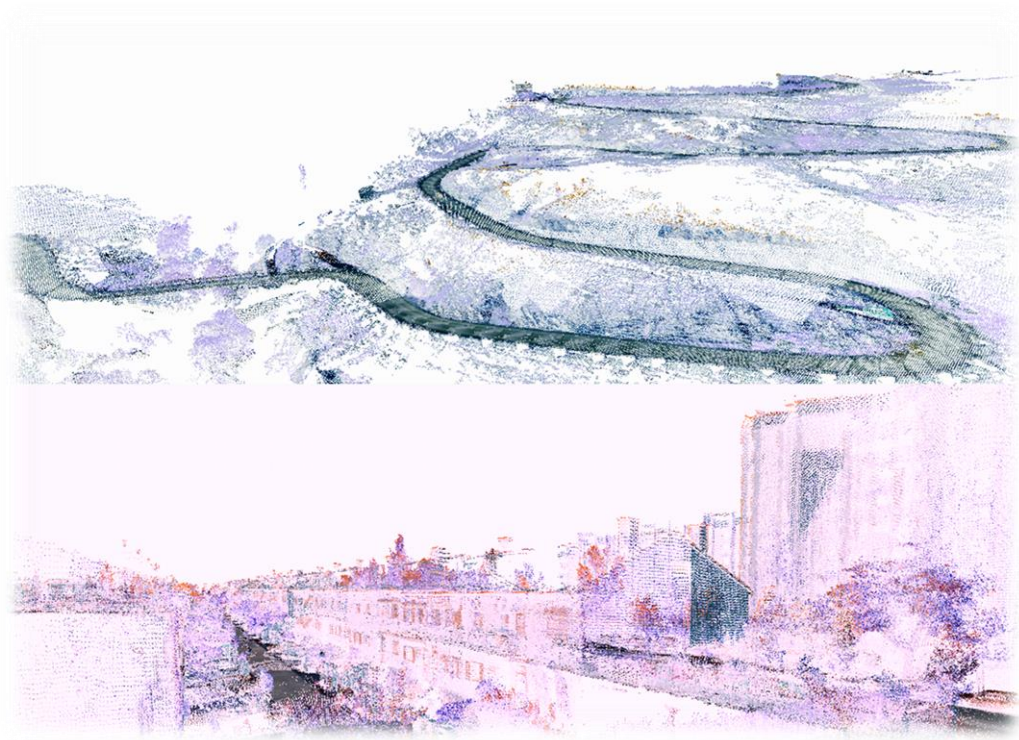


Fig. 6.28. Agregar Campo con ArcGis

Tipo de Datos	Rango de almacenamiento	Tamaño(Bytes)
Entero corto	-32.768 a 32.767	2
Entero largo	-2.147.483.648 a -2.147.483.647	4
Flotante	Aproximadamente -3.4E38 a 1.2E38	4
Doble	Aproximadamente -2.2E308 a 1.8E308	8

Tabla 6.29. Rango de almacenamiento de cada tipo de dato



7. Presupuesto



7. Presupuesto

Para la elaboración del presupuesto del proyecto se tiene en cuenta los costes producidos en la elaboración de éste proyecto, dividiendo los costes en Trabajo de Campo, Trabajo de Gabinete y Otros Gastos.

7.1 Trabajo de campo

Alquiler del receptor GRS-1:220 € la semana.
Duración de la medición (días): 4 días.
Duración total de la medición (horas):21 horas y 30 min.
Coste de la mano de obra:19,5 €/hora.
Coste Total del trabajo de campo con GRS-1: 639,25 €

Alquiler del IP-S2:3000 €/día.
Duración de la medición (días): 1 día.
Duración total de la medición (horas):1 hora y 15 minutos.
Coste de la mano de obra:19,5 €/hora.
Coste Total del trabajo de campo con IP-S2:3024,38 €

Subtotal:3663,63 €.

7.2 Trabajo de gabinete

Licencia ArcGIS:15000 €.
Amortización a dos años:30,93 €/día.
Duración del trabajo (días): 1 día.
Duración del Trabajo (horas):3 horas y 50 minutos.
Coste de la mano de obra:19,5 €/hora.
Coste Total de trabajo de gabinete:105,68 €

Licencia OrbitAIM:6000 €
Amortización a un año:23,81 €/día.
Duración del trabajo (días): 2 días.
Duración del trabajo (horas):10 horas y 9 minutos.
Coste de la mano de obra:19,5 €/hora.
Coste total del trabajo de gabinete:245,54 €

Tiempo utilizado en la búsqueda de información y realización de la memoria:
30 días.
Costo de la mano de obra:156 €/día.
Creación de la Base de Datos:175 €.
Coste de la memoria y búsqueda de información:4680 €



Subtotal: **5206,22 €.**

7.3 Otros gastos

En éste apartado se encuentran los gastos concernientes al material de oficina necesario para realizar el proyecto, así como el desplazamiento.

Ordenador (Workstation): 1939,73 €.
Impresora: 124,82 €.
Windows: 220,41 €.
Office 365: 78,21 €.
El coste del material de oficina con amortización a un año es: 243,82 €.
Transporte: 66 €.

Subtotal:..... **309,82 €.**

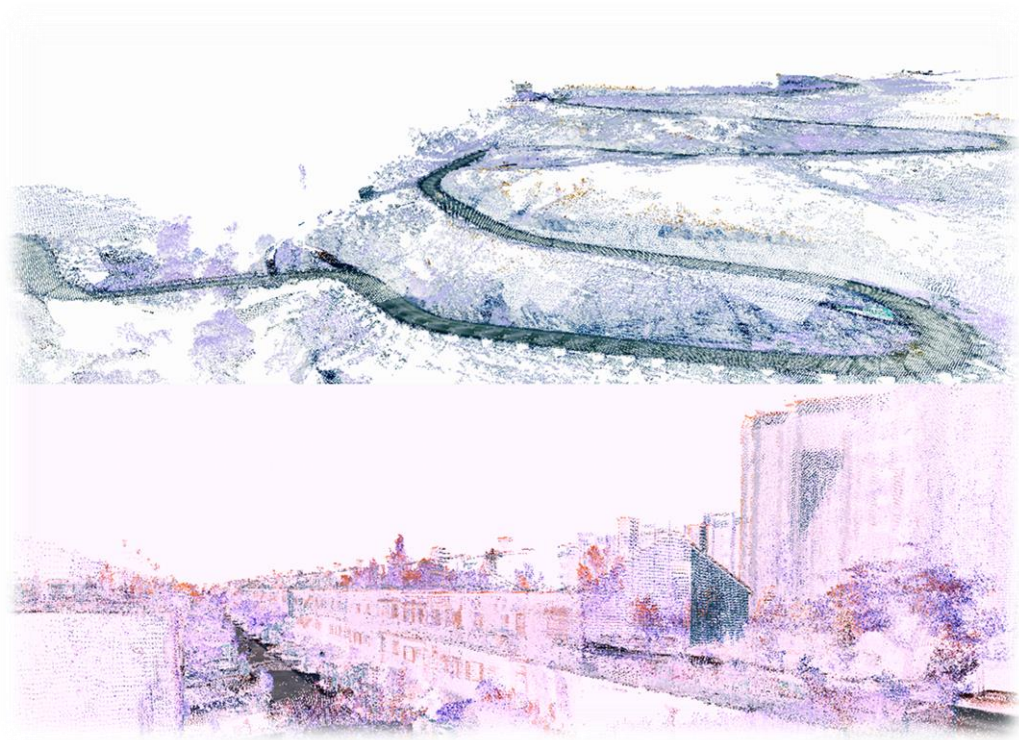
7.4 Resumen

Trabajo de Campo: 3663,63 €.
Trabajo de Gabinete: 5206,22 €.
Otros Gastos: 309,82 €.
Total sin I.V.A.: 9179,67 €.
Beneficio empresarial (+15 %): 1376,95 €.
21 % I.V.A.: 2216,89 €.

Total: **12773,51 €.**



Gráfico 7.1. Gráfica Resumen Presupuesto



8. Resultados y discusión



8. Resultados y discusión

GRS-1

A la hora de trabajar con cada instrumento se tuvo una serie de percances. Con el instrumento GRS-1, al no disponer de cobertura en la zona de la carretera el receptor no podía utilizar la conexión a internet, por lo que no podía recibir las correcciones. Tampoco se podía utilizar post proceso debido a que se guardan los datos para un cinemático y no se registran datos para realizar un post proceso. En este caso las precisiones obtenidas por el receptor no podían ser menores a 1,5 m.

En la zona del parque, sobre todo en zonas muy arboladas y cerca de la Torre del Agua, en la cual se situaban varios repetidores y antenas de telefonía, era complicado que el aparato cogiese precisión y la mantuviera durante un rato, constantemente estaba cogiendo y perdiendo precisión. En la zona urbana, cerca de edificios perdía señal a menudo y era complicado que bajase del metro de precisión.

Cuando se descargaron los primeros datos de Tres Cantos en el ordenador, surge el problema que por los sucesivos errores accidentales ya citados hay datos que no están en el lugar que le corresponde.

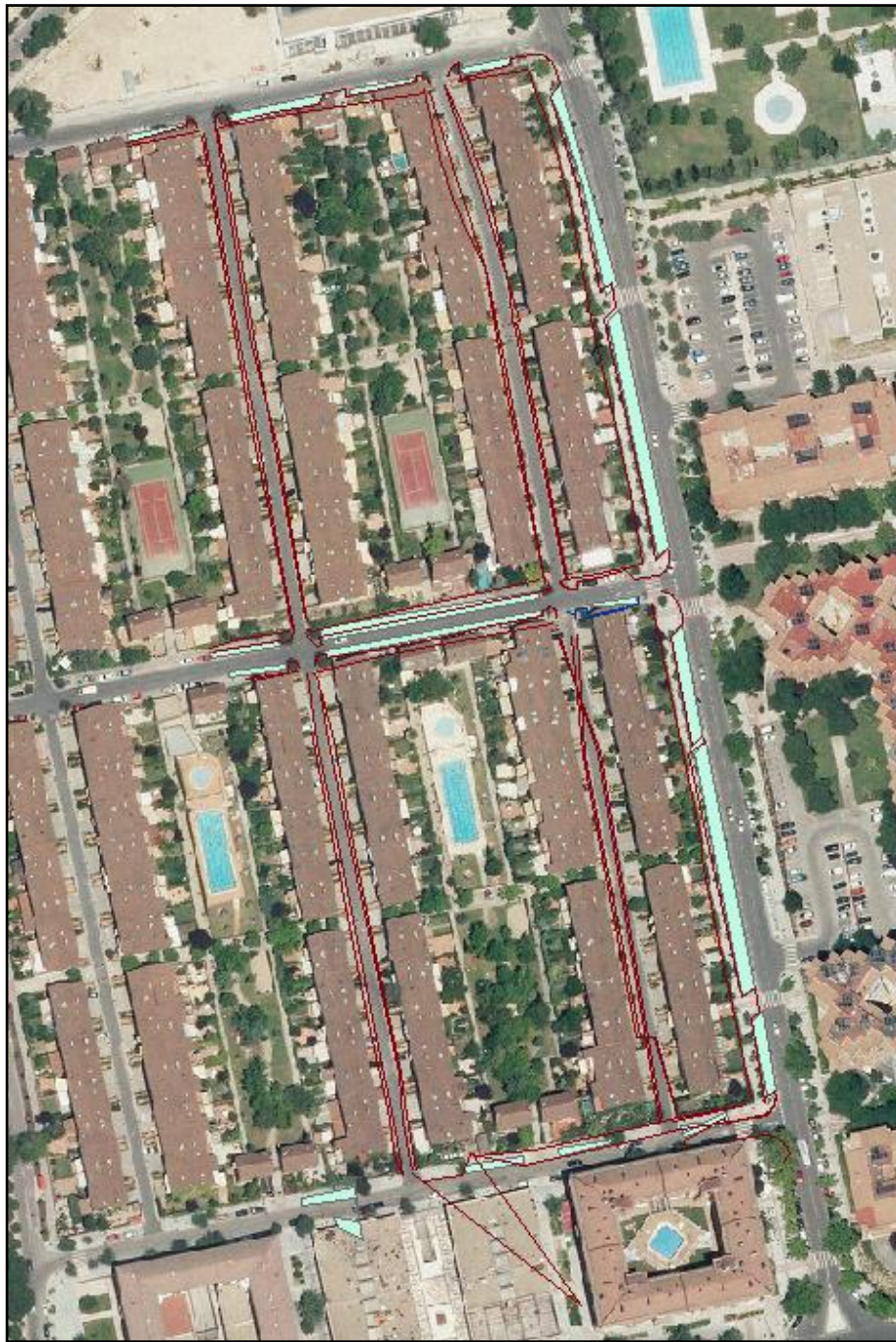


Fig. 8.1. Datos brutos con el GRS-1

En el trabajo de gabinete se debe revisar todos los datos guardados, ya que con los problemas de precisión y los errores ocasionados hay elementos que no están situados en el lugar adecuado y se han podido haber desplazado unos metros de su lugar de origen. Las aceras y las zonas de aparcamiento se desplazan a su lugar correcto siguiendo como referencia a la ortofoto, los elementos que faltan se crean mediante la herramienta de edición. Se dibujan las señales horizontales. Una vez finalizado el trabajo de gabinete se obtiene el trabajo final en ArcGIS.

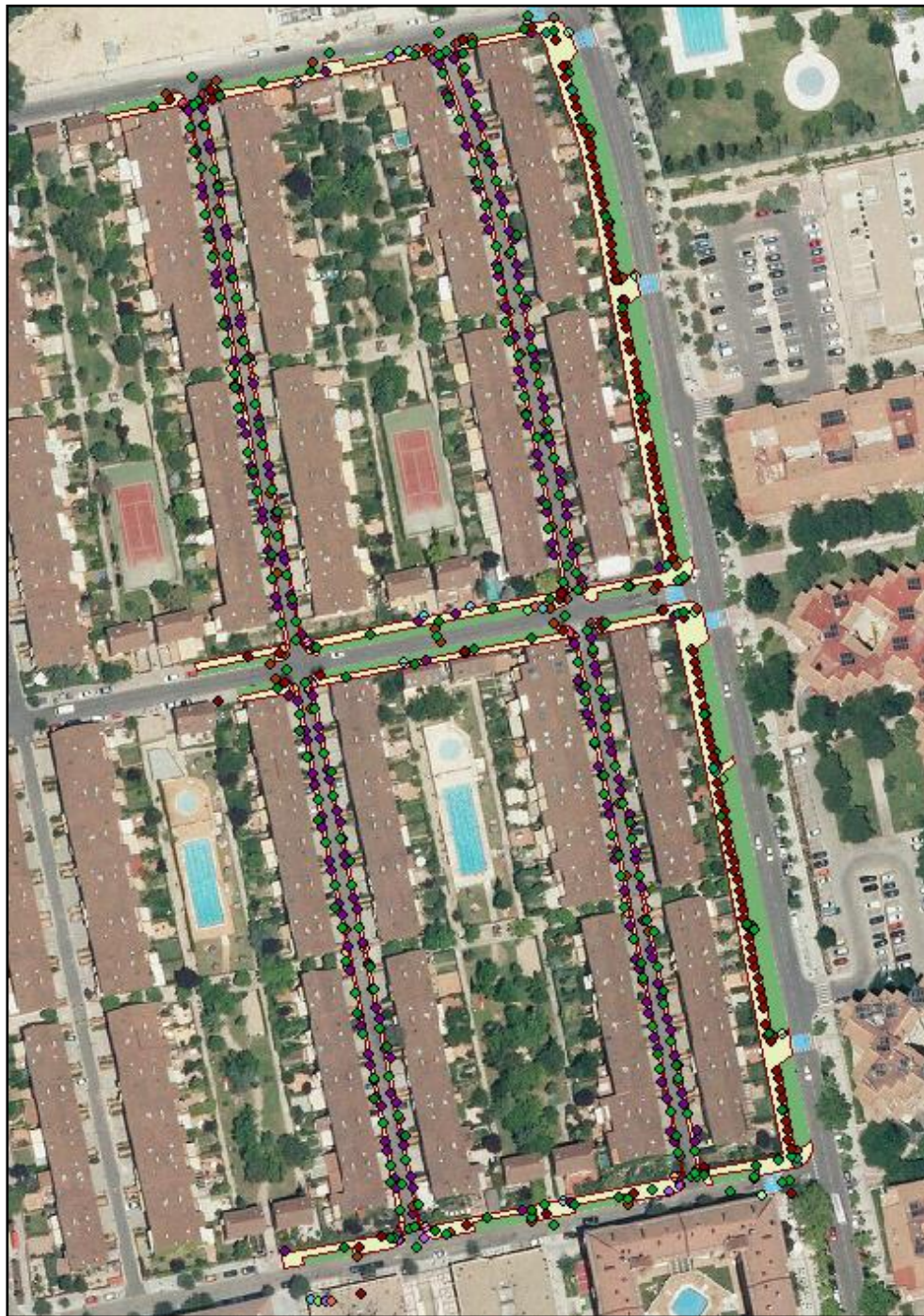


Fig. 8.2. Datos corregidos con el GRS-1

En el Parque Central los elementos desplazados por los errores que ocasionan las antenas de la Torre del Agua no tienen mucha importancia, ya que al considerarse de árboles en la mayoría de los casos no se corrigen su posición. El único elemento que se corrige su posición son los jardines, ya que en algún caso variaba bastante la forma (*Fig. 8.3*) del jardín (unos 200 m²) y son los que mejor se diferencian con respecto a la ortofoto.

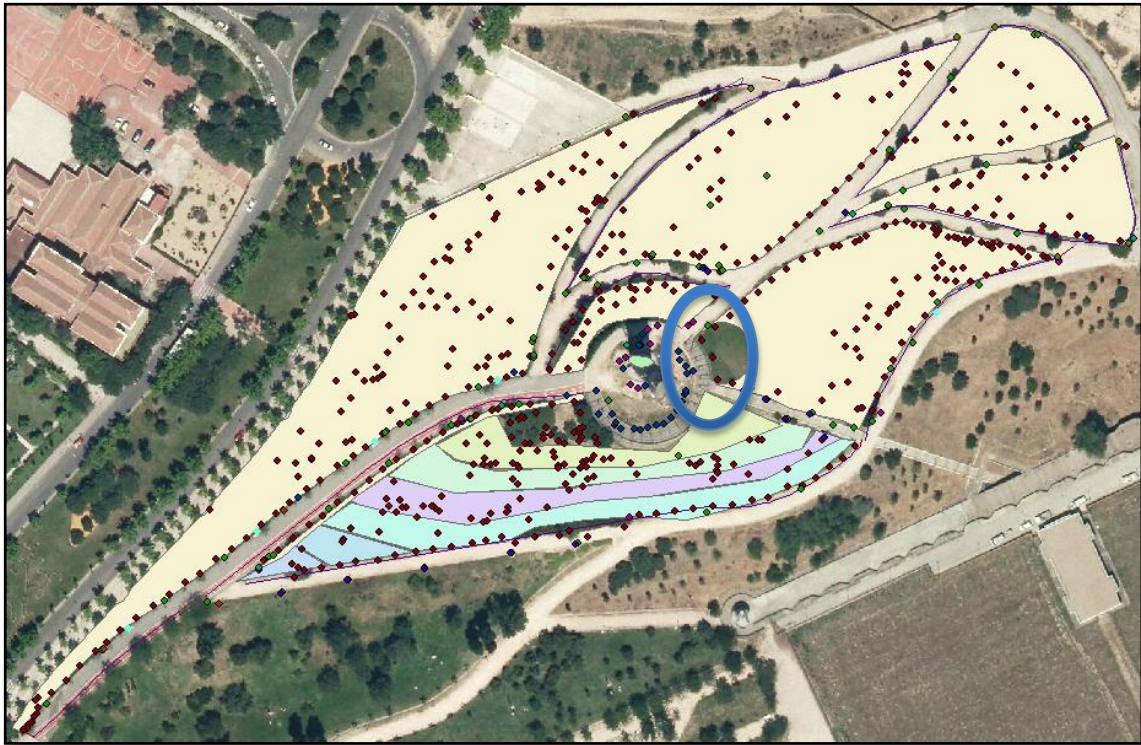


Fig. 8.3. Datos brutos con el GRS-1



Fig. 8.4. Datos corregidos con el GRS-1

IP-S2

Con el IP-S2 en el trabajo de campo todo el trabajo es más rápido, aunque en alguna ocasión algún coche aparcado genera ruido que altera la nube de puntos y complica la digitalización de los elementos que estén afectados; también cuando hay varias pasadas por la misma zona, la nube de puntos no termina de encajar bien.

El trabajo de gabinete con IP-S2 es más lento que con el GRS-1, puesto que es donde se realiza realmente el trabajo, ya que hay que encontrar donde están situados los elementos que se quieren digitalizar y una vez encontrados todos los elementos es cuando se puede digitalizar los elementos del trabajo. Una vez digitalizado todos los activos del trabajo, los datos son exportados en formato *shapefile* para así poder abrirlos con ArcGIS y poder así comparar la diferencia que hay entre los datos obtenidos del trabajo realizado con el GRS-1 y los datos obtenidos con el trabajo del IP-S2. Como se puede comprobar en las siguientes imágenes ([Fig. 8.5](#) y [Fig. 8.6](#)) los elementos digitalizados con IP-S2 encajan casi a la perfección con la ortofoto del PNOA, no teniendo que retocar nada con ArcGIS.

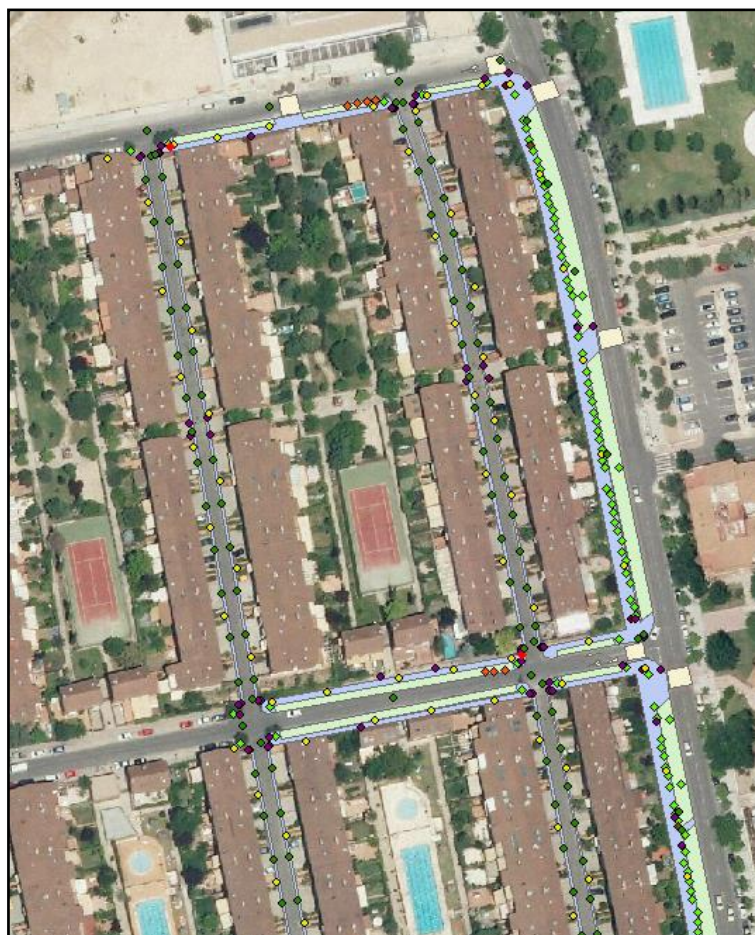


Fig. 8.5. Datos con el IP-S2 ya digitalizados



Fig. 8.6. Datos con el IP-S2 ya digitalizados

Otra de las comparaciones llevadas a cabo en el proceso de la realización del inventario ha sido la contabilización del tiempo empleado. Durante la realización del inventario completo se ha ido midiendo el tiempo empleado en cada apartado del inventario (*Tabla 8.7*), como así el tiempo empleado por cada aparato en la medición de campo y en la medición total. El tiempo total utilizado con cada aparato es el siguiente:

Tiempo Total de Trabajo		
	IP-S2	GRS-1
Tiempo	11h 27min	25h 20min

Tabla 8.7. Tiempo total con cada instrumento

Si se desglosan los tiempos empleados, tenemos el tiempo utilizado en digitalizar en gabinete por cada aparato con su respectivo software (*Gráfica 8.9*), siendo el software Orbit AIM el utilizado para el IP-S2 y el ArcGIS para el GRS-1. Los tiempos empleados en digitalizar todos los activos son:

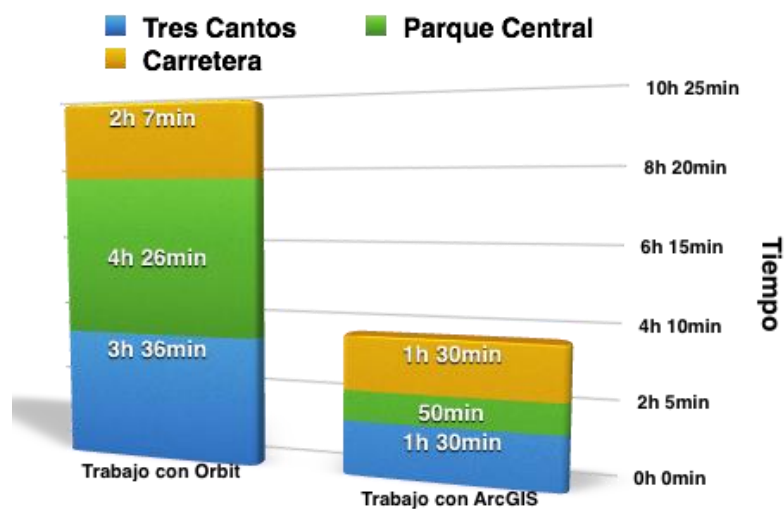


Trabajo de Gabinete

	OrbitGis	ArcGis
Barrio de Tres Cantos	3h 36min	1h 30min
Parque Central	4h 26min	50min
Carretera	2h 7min	1h 30min

Tabla 8.8. Tiempo invertido en digitalizar

Trabajo de Gabinete



Gráfica 8.9. Tiempo invertido en digitalizar

● OrbitGis Tres Cantos ● OrbitGis Parque
● Arcgis Tres Cantos ● Arcgis Parque
● OrbitGis Carretera ● Arcgis Carretera

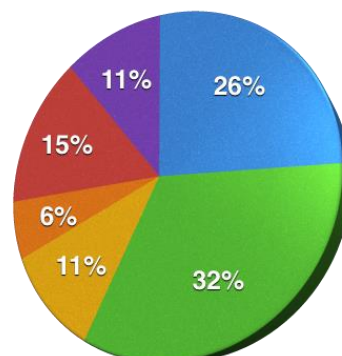


Gráfico 8.10. Tiempo invertido en digitalizar



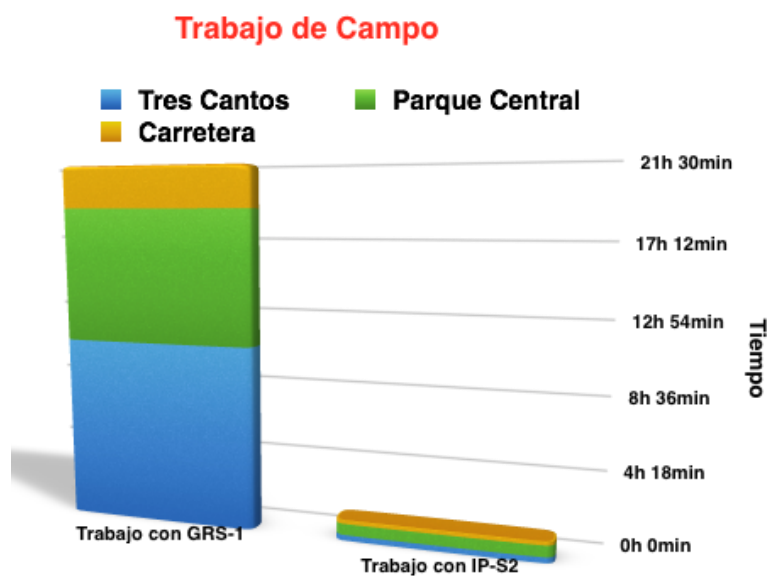
Comparativa con técnicas GNSS y Mobile Mapping de un inventario de elementos físicos y geométricos



Los tiempos empleados en el trabajo de campo durante las mediciones con los aparatos IP-S2 y GRS-1 son los siguientes:

Trabajo de Campo		
	IP-S2	GRS-1
Barrio de Tres Cantos	20min	11h
Parque Central	40min	8h
Carretera M-618	15min	2h 30min

Tabla 8.11. Tiempo de trabajo de campo con cada instrumento



Gráfica 8.12. Tiempo invertido en campo

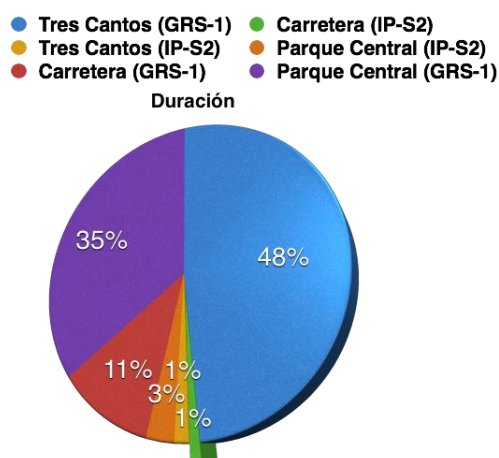
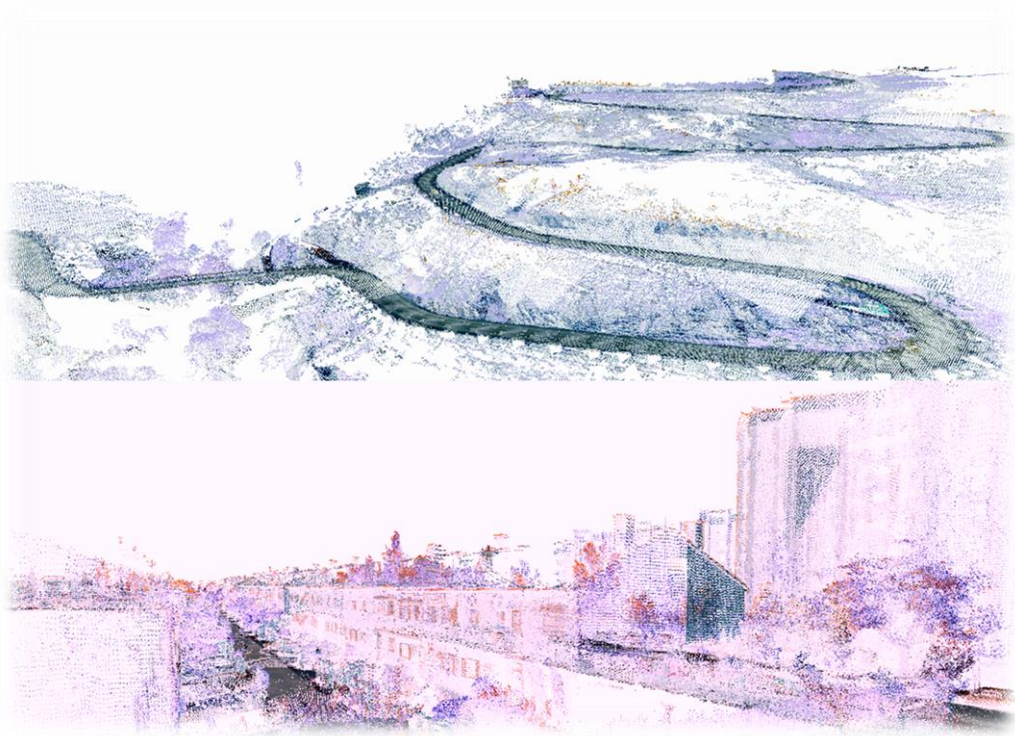


Gráfico 8.13. Tiempo invertido en campo



9. Conclusiones

9. Conclusiones

Como ya se ha dicho en éste proyecto, el objetivo principal radica en el estudio y comparación de las distintas técnicas elegidas a la hora de realizar un inventario.

Una vez que están los resultados podemos llegar a varias conclusiones:

- Una de las conclusiones estaría referida al tiempo empleado por cada aparato (**Gráfico 9.1**). El tiempo que se tarda en realizar el trabajo en gabinete con el IP-S2 es superior al que se emplea con el GRS-1. El tiempo empleado en el trabajo de campo con el GRS-1 es muy superior al que se emplea con el IP-S2. En definitiva, la duración de trabajo con el GRS-1 es muy superior a la del IP-S2, quedando una relación de tiempos:

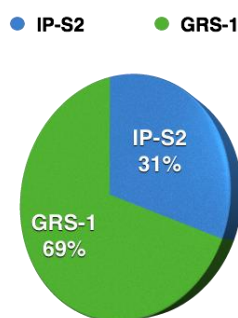


Gráfico 9.1. Tiempo total empleado

- Otra de las conclusiones estaría relacionada con los costos que supone cada aparato. Siendo el IP-S2 más caro que el GRS-1 como se ve en la siguiente tabla (**Tabla 9.2**):

	GRS-1	IP-S2
Alquiler y mano de obra	639,25 €	3024,38 €
ArcGIS/Orbit AIM	105,68 €	245,54 €
Ordenador	7,70 €	15,39 €
Windows	0,87 €	1,75 €
Transporte	66,00 €	
Precio Total	819,50 €	3287,06 €
Beneficio Industrial	122,92 €	493,06 €
21% I.V.A.	197,91 €	793,83 €
Total	1140,33 €	4573,95 €

Tabla 9.2. Presupuesto de cada instrumento

- Para realizar el trabajo con el IP-S2 con un operario que a la vez es el conductor es suficiente, aunque es recomendable que haya tres operarios en el vehículo. Un operario sería el conductor, otro iría observando el monitor mientras se registran los datos y otro operario que iría procesando los datos. En cambio con el GRS-1 si se quiere realizar el trabajo más rápido se necesitan más operarios.
- Con el GRS-1 en alguna ocasión perdía señal y los puntos guardados en ese instante carecen de buena precisión (*Fig. 9.4*); también con las antenas de telefonía dejaba de funcionar correctamente (*Fig. 9.3*).



Fig. 9.3. Perdida de Señal con el GRS-1



Fig. 9.4. Perdida de Señal con el GRS-1

- Para digitalizar el programa Orbit AIM es más preciso al usar las imágenes del coche, los activos están más cerca y es más fácil colocarlos en el lugar adecuado. Mientras con el ArcGIS se depende de la calidad de la ortofoto que se tenga como base. Además con Orbit AIM si se olvida un activo con realizar una nueva pasada se puede comprobar que esté todo, con ArcGIS es más complicado el poder revisar si falta algo.
- En el GRS-1 existía el problema de la duración de la batería, durando apenas dos horas. Con cada cambio de batería hay que esperar a que se vuelva a conectar a la señal de internet y este proceso no siempre era rápido, teniendo que esperar a veces 30 minutos hasta que volviera a coger cobertura 3G.

- Con el IP-S2 hay elementos pequeños como algún árbol o alguna toma de riego que al estar dentro de un jardín no se ve y es imposible de digitalizar después. En cambio con el GRS-1 al ir andando por medio de los jardines se puede observar todo lo que hay alrededor.
- Se ha realizado una estimación con los tiempos obtenidos en el estudio de la carretera y se ha realizado una comparación entre el tiempo y el coste que se invertiría en realizar el trabajo con GRS-1 y con IP-S2 en un tramo de longitud de 150 km ([Tabla 9.5](#)) y otro tramo de 450 km ([Tabla 9.6](#)). Como se puede ver el coste es mayor en ambos y el tiempo es bastante superior ([Gráfica 9.7](#)). En el caso del GRS-1 es el tiempo estimado con un trabajador.

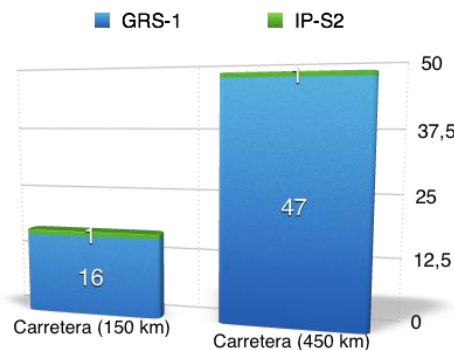
	Distancia (km)	Tiempo (horas)	Tiempo(Días Laborables)	Alquiler Equipos (€)	Mano de obra (€)	Precio Total (€)
GRS-1	150	125	16	740	2438	3177,5
IP-S2	150	8	1	3000		3000

Tabla 9.5. Estimación carretera (150 km)

	Distancia (km)	Tiempo (horas)	Tiempo(Días Laborables)	Alquiler Equipos (€)	Mano de obra (€)	Precio Total (€)
GRS-1	450	375	47	2200	7313	9512,5
IP-S2	450	8	1	3000		3000

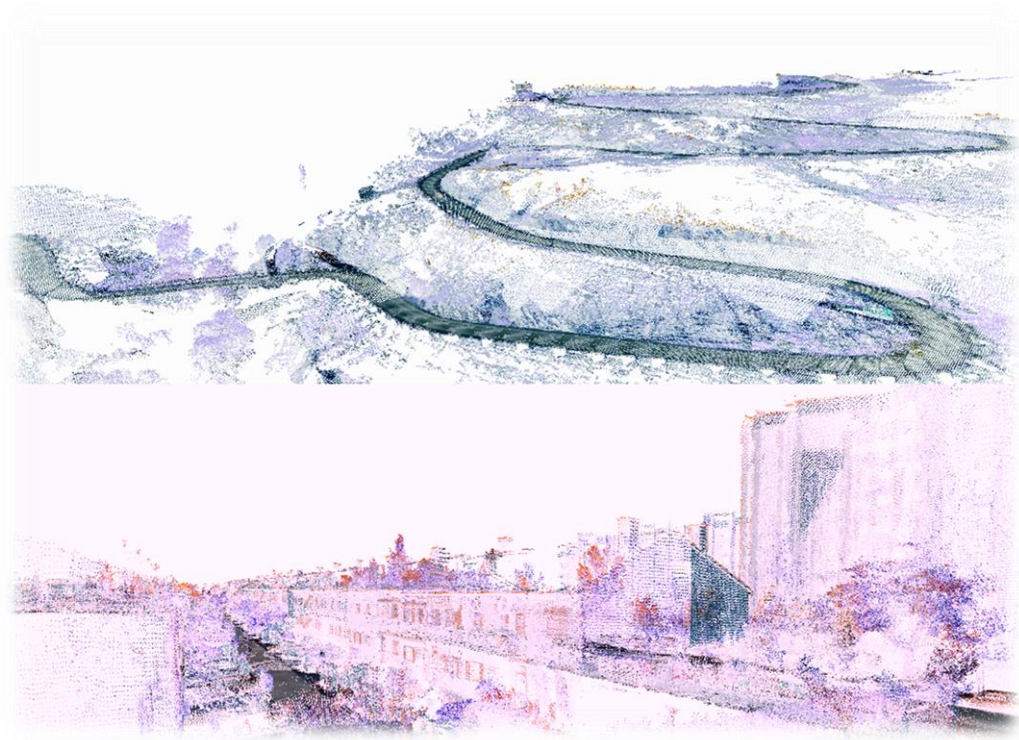
Tabla 9.6. Estimación carretera (450 km)

Duración Trabajo de Campo (Días)



Gráfica 9.7. Comparativa de duración

- Como conclusión final el GRS-1 es mejor opción para hacer inventarios de zonas pequeñas como las estudiadas en este proyecto, pero a la hora de realizar inventarios más grandes como el mantenimiento de una carretera o los activos de una ciudad, la mejor opción en este caso sería el IP-S2.



10. Bibliografía



10. Bibliografía

- [1] <http://www.trescantos.es/web/nuestra-ciudad/item/300071-acerca-de-tres-cantos>
- [2] http://www.tgmadrid.com/puente_de_Grajal_Colmerar_Viejo/12173/
- [3] <http://www.pueblos-espana.org/comunidad+de+madrid/madrid/tres+cantos/>
- [4] <http://www.trescantos.es/web/index.php/>
- [5] <http://www.elsevier.com/locate/measurement>
- [6] [Manual GRS-1 de Topcon](#)
- [7] [Guía práctica del GPS](#)
- [8] [Hoja Técnica IP-S2](#)
- [9] [Hoja Técnica GRS-1](#)
- [10] <http://www.geograma.com/es/>
- [11] <http://www.topconpositioning.es/productos/IP-S2-Compact.php>
- [12] <http://www.orbitgis.com/>
- [13] <http://www.esri.es/es/>
- [14] <http://www.infojardin.com>
- [15] <http://www.madrid.es/portales/munimadrid/es/Inicio/Ayuntamiento/Medio-Ambiente/Parques-y-jardines/Patrimonio-Verde/Parques-en-Madrid?vgnextfmt=default&vgnnextchannel=38bb1914e7d4e210VgnVCM1000000b205a0aRCRD>
- [16] <http://todoproductividad.blogspot.com.es/2011/07/las-tecnologias-de-sensores-opticos-en.html>
- [17] <http://actualidad.rt.com/ciencias/view/94048-giroscopo-laser-exacto-mundo>